

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE POLUIÇÃO POR CARGA
DIFUSA NA BACIA RIBEIRÃO DOS MARINS –
MONJOLINHO - PIRACICABA/SP**

ENG^A. AGR^A. ROJANE MAGDA KLETECKE

CAMPINAS
FEVEREIRO 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE POLUIÇÃO POR CARGA
DIFUSA NA BACIA RIBEIRÃO DOS MARINS –
MONJOLINHO - PIRACICABA/SP**

Dissertação de Mestrado submetida à
banca examinadora para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Agrícola,
na área de concentração em água e solo

ENG. AGR^A ROJANE MAGDA KLETECKE
Orientador: Prof. Dr. José Teixeira Filho

CAMPINAS
FEVEREIRO 2003

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

K678a Kletecke, Rojane Magda
Avaliação do risco de poluição por carga difusa na
bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho – Piracicaba/SP
/ Rojane Magda Kletecke. --Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientador: José Teixeira Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Poluição. 2. Água - Qualidade. 3. Erosão. 4.
Piracicaba, Rio, Bacia (SP). 5. Escoamento. I. Teixeira
Filho, José. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Dedico este trabalho as pessoas mais queridas da minha vida, meus pais Bruno e Adelma, minhas irmãs Regina, Rosângela e Rosa Helena, e aos meus avós “*in memoriam*” Nôno Eugênio e Nôna Rosa.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr José Teixeira Filho pela orientação e desenvolvimento deste trabalho;

À Faculdade de Engenharia Agrícola FEAGRI/UNICAMP, que proporcionou o desenvolvimento deste trabalho;

À Agência CAPES pela bolsa de estudos;

À Minha grande amiga Lucia Ferreira, sempre presente em momentos difíceis, com seu companheirismo e apoio incondicional;

À Clesilda, esposa do prof. Teixeira, pela compreensão, mesmo ligando na hora do descanso do dois.

Ao Dr. Silvio, coordenador do SAI/Jundiaí, pela dispensa para o término deste trabalho.

Aos meus colegas de orientação: Camila, Carlos, Aristóteles, Celso, Terezinha, Ariston, Lucia, Daniela Brandão, Márcia Hein pelo apoio e pela amizade;

À Rosangela Oliveira pela ajuda sempre que necessária e pela amizade;

Ao pessoal do Labin: Enzo, Clóvis, André, João;

Ao Sergio que por inúmeras vezes me acompanhou no levantamento de dados à campo;

A Suzely, Seu Robison, Aninha e Marta da Pós, Marcos, Ritinha, Maria, D. Cida, Marcos e Ronaldo da cantina;

Ao Prof. Cláudio Sverzut, pelo apoio na hora certa;

A todos os funcionários da FEAGRI que de uma maneira ou de outra, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Adilson e ao Paraná por quebrar o galho no curso de extensão;

À Jane, Roberta, Tereza Mansor, Zé Maria, Cláudia, pela amizade e apoio;

A Afonso Peche Filho pelo apoio e “quebradas de galho”, sempre que necessário, no SAI/Jundiaí, e por toda a ajuda desde os tempos da Faculdade;

Ao meu amigo e irmão Marcos Roberto da Silva (Marcão) pela amizade, companheirismo.

Aos meus pais campineiros, Seu Zé (José da Silva) e Dona Édina (Édina da Silva), por me acolherem em sua casa sempre com muito carinho, e pela amizade incondicional;

À minha irmã Rosa sempre presente nos momentos mais difíceis;

Ao Odilon, meu cunhado, por cuidar da minha irmã e pelas viagens para a casa da mãe;

Ao meu marido Ernesto pelo amor, paciência, compreensão e confiança em todo o tempo de

desenvolvimento deste trabalho;

Aos meus pais Adelma e Bruno, minhas irmãs Regina, Rosângela e Rosa, à vocês o meu mais sincero agradecimento pela compreensão, carinho e orações;

À Nossa Senhora Desatadora dos Nós sempre presente na minha vida;

À DEUS por me dar forças para continuar quando parecia que tudo iria acabar, e por colocar no meu caminho pessoas que jamais esquecerei.

MUITO OBRIGADA....

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Recursos hídricos	4
3.2. Qualidade de água	5
3.3. Cargas difusas	7
3.3.1 Agrotóxicos	8
3.3.2 Nutrientes	11
3.3.3 Sedimentos e erosão hídrica	13
3.4. Modelos empíricos	15
3.4.1 Equação Universal de perda de Solo (EUPS)	16
3.4.2 Avaliação da aptidão agrícola das terras	19
3.4.3 Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras, segundo RAMALHO FILHO e BEEK (1995)	21
3.5. Avaliação dos procedimentos agrícolas	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1. Descrição da área	25
4.1.2 Caracterização climática	25
4.1.3 Solos	25
4.1.4 Uso e Ocupação do Solo	27
4.2. Modelo Digital de Elevação (MDE)	29
4.3. Determinação das Áreas de Alto Risco Potencial para Formação de Cargas Difusas - MÉTODO I	29

4.3.1. Potencial Natural de Erosão (PNE)	29
4.3.2. Aptidão Agrícola da Terras	32
4.3.3. Plano de avaliação dos procedimentos agrícolas	37
4.3.4. Potencial de risco de formação de cargas difusas	37
4.3.5. Carta das áreas de alto risco potencial para formação de carga difusa na bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho	38
4.4. Carta de Áreas Susceptíveis à Erosão - MÉTODO II	39
4.4.1. Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), na Bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho	39
4.5. Avaliação das metodologias propostas	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1. Carta Hipsométrica	44
5.2. Determinação das Áreas de Alto Risco Potencial para Formação de Cargas Difusas - MÉTODO I	45
5.2.1. Avaliação do Potencial Natural de Erosão	45
5.2.2. Avaliação das Terras	47
5.2.3. Avaliação dos procedimentos agrícolas	54
5.2.4. Avaliação das áreas com alto risco potencial para formação de cargas difusas	57
5.3. Carta de Áreas Susceptíveis à Erosão - MÉTODO II	62
5.3.1. Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), na bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho	62
5.3.2. Avaliação de áreas susceptíveis a perda de solo na Bacia do Ribeirão dos Marins Monjolinho	70
5.4. Avaliação das metodologias propostas	73
6. CONCLUSÃO	75
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
8. APÊNDICE.....	81

LISTA DE FIGURAS

1 - Solos Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho. Folha de Piracicaba, escala 1:100.000.....	26
2 - Uso e Ocupação da Bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho	28
3 - Carta Hipsométrica	44
4 - Potencial Natural de Erosão	47
5 - Aptidão Agrícola das Terras para a Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho	51
6 - Uso e Ocupação das Terras classificado, de acordo com RAMALHO FILHO & BEEK (1995).....	53
7 - Adequação do Uso da Terras na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho	54
8 - Áreas de risco para o PNE	58
9 - Áreas de risco para Adequação agrícola	59
10 - Carta de procedimentos da Bacia do Ribeirão dos Marins –Marins	59
11 - Carta de Risco Potencial para formação de cargas difusas na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho	60
12 - Áreas de Alto Risco potencial para formação de cargas difusas na Bacia do Ribeirão do Marins – Piracicaba/SP	61
13 - EUPS (t/ha/ano) na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho, Cenário 1	63
14 - Perda total de solo em t/célula/ano, Cenário 1	65
15 - Perda total de solo em t/célula/ano, Cenário 2	66
16 - Perda total de solo em t/célula/ano, Cenário 3	66
17 - Perda média de solo em mm/célula/ano, Cenário 1	68
18 - Perda média de solo em mm/célula/ano, Cenário 2	69
19 - Perda média de solo em mm/célula/ano, Cenário 3	69
20 - Áreas susceptíveis á perda de solo na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho – Cenário 1	71
21 - Áreas susceptíveis á perda de solo na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho – Cenário 2	71
22 - Áreas susceptíveis á perda de solo na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho – Cenário 3	72
23 - Comparação entre os dois métodos na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho	74

LISTA DE TABELAS

1 - Alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola	23
2 - Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras	23
3 - Classificação taxonômica dos solos e áreas de ocorrência na Bacia do Ribeirão Marins – Monjolinho	27
4 - Distribuição do uso e ocupação do solo na bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho	28
5 - Classes de declive e comprimentos de rampa	31
6 - Classes do Potencial Natural de Erosão	32
7 - Deficiência de fertilidade	33
8 - Deficiência de água	34
9 - Vegetação primitiva dos solos na bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho	34
10 - Excesso de água	34
11 - Suscetibilidade à erosão	35
12 - Impedimentos a mecanização	35
13 - Classes de uso da Terra classificada, segundo Ramalho Filho e Beek (1985).....	36
14 - Fator C para a bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho	39
15 - Fator P para algumas práticas conservacionistas	40
16 - Classes de intervalos para perdas de solo em t/ha/ano	40
17 - Classes de intervalos para perdas de solo em t/célula/ano e mm/célula/ano	41
18 - Linhas de tolerância de perdas por erosão para alguns solos do Estado de São Paulo	42
19 - Erodibilidade dos solos, Bacia Ribeirão Marins –Monjolinho	45
20 - Classes do fator LS da Bacia Ribeirão dos Marins –Monjolinho	46
21 - Classes do PNE e área de ocorrência na Bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho	46
22 - Solos classificados para aptidão agrícola na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho	48
23 - Graus de limitação e classificação da Aptidão Agrícola das Terras de combinações homogêneas de classes de declividade X tipo de solo da Bacia do Ribeirão Marins – Monjolinho	50
24 - Subgrupos de Aptidão Agrícola das Terras da Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho	52
25 - Situação das Terras da Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho, baseado nas condições de uso	54
26 - Avaliação dos procedimentos agrícolas na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho..	55

27 -	Classes de risco potencial formação carga difusa e áreas de ocorrência na Bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho	61
28 -	Uso atual do solo nas áreas de alto risco potencial de formação cargas difusas	62
29 -	Avaliação da Equação Universal de perda de solo para 3 cenários, em t/ha/ano	64
30 -	Avaliação da Equação Universal de perda de solo para 3 cenários, em t/célula/ano	65
31 -	Perdas de solo ano para cada cenário da Bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho.....	67
32 -	Avaliação da Equação Universal de perda de solo para 3 cenários em mm/célula/ano	68
33 -	Ocorrência de áreas susceptíveis à perda de solo na Bacia Ribeirão dos Marins - Monjolinho	70
34 -	Uso atual do solo nas áreas críticas susceptíveis à erosão para o cenário atual	72
35 -	Comparação entre o Método I e o Método II	73

LISTA DE ABREVIATURAS

SIG	Sistema de Informação geográfica
EUPS	Equação Universal de perdas de Solo
PNE	Potencial Natural de Erosão
SBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
ANDEF	Agência Nacional de Defensivo
USEPA	Agência Nacional de Proteção Ambiental Americana
NAWQA	Programa Nacional de Pesquisa Geológica
EPTC	s-etil-dipropil (Tiocarbamato)
RPS	Fração Índice de Razão de Perda de Solo
EI ₃₀	Erosividade Anual

RESUMO

AVALIAÇÃO DO RISCO DE POLUIÇÃO POR CARGA DIFUSA NA BACIA DO RIBEIRÃO DOS MARINS – MONJOLINHO – PIRACICABA/SP

A atividade agrícola é desejada pela sociedade. No entanto, gera como sub-produto, a erosão acelerada do solo, tornando-se uma fonte de poluição dos corpos d'água via sedimentos e elementos químicos arrastados. Esses processos erosivos comprometem os recursos hídricos a partir da geração de cargas difusas, afetando diretamente a qualidade da água. O uso de modelos empíricos para avaliação de perdas de solo pode dar indicações do potencial de degradação da qualidade da água de bacias hidrográficas. O objetivo desse trabalho foi a avaliação das Áreas de Alto Risco Potencial para Formação de Cargas Difusas (Método I) e a determinação das Áreas Susceptíveis à Perda de Solo (Método II). Para determinação dos métodos foram utilizados dados de: solo, relevo, potencial natural de erosão (PNE), aptidão agrícola das terras, caracterização do manejo e da tolerância de perdas de solo. O Método I teve como base: Potencial Natural de Erosão (PNE); Aptidão Agrícola das Terras; e Plano de Avaliação dos Procedimentos Agrícolas. A partir dessas três cartas foi gerada a carta das Áreas de Alto Risco Potencial para Formação de Cargas Difusas na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho. O Método II levou em consideração a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Aonde foram analisados três cenários: Cenário 1 – considerando as práticas conservacionistas atuais da área; Cenário 2 - considerando que a área não possuía nenhuma prática conservacionista, plantio morro abaixo; e o Cenário 3 – com prática conservacionista em área total, cordões de vegetação permanente. Neste método as taxas de perdas de solo foram analisadas em t/ha/ano e em mm/célula/ano. Posteriormente foram analisadas as áreas susceptíveis à perda de solo, por meio da metodologia de tolerância de perda de solo. Os resultados mostraram que a cultura da cana-de-açúcar foi predominante na área em estudo (42,2%), seguida pela pastagem (37,8%). O potencial moderado a forte do PNE se restringiu a 0,9% da área e o potencial forte foi nulo; a adequação do uso do solo foi considerada como sobre-utilizada em 6,4% da área. A perda média de solo, pela EUPS, foi em torno de 1t/ha/ano em 61,1% da área da bacia. No Método I, as áreas de alto risco potencial para formação de cargas difusas representaram 7,5% da área total e no Método II as áreas críticas susceptíveis à

erosão representaram 11,3 % da área total. No cruzamento dos dois métodos, ambos, combinaram em 84,6%. Sendo que 80% da área foi classificada como áreas não críticas ou sem potencial de formação de cargas difusas e 4,6% como áreas críticas ou com alto risco potencial de formação cargas difusas. Os métodos proporcionaram indicações fundamentais para avaliação do estado potencial de formação de cargas difusas, altamente impactantes na qualidade das águas das bacias hidrográficas.

Palavras-chaves: **Poluição; Carga difusa; Qualidade de água; Perda de solo; Erosão.**

ABSTRACT

EVALUATION OF THE RISK OF NON POINT SOURCE POLLUTION IN THE “RIBEIRÃO DOS MARINS” WATERSHED - MONJOLINHO - PIRACICABA/SP

The agricultural activity is aspired by the society. However, it generates as by-product the sped up erosion of the soil, becoming a source of pollution for water bodies by dragged sediments and chemical elements. These erosive processes compromise the water resources through diffuse load generation, directly affecting the water quality. The use of empirical models to evaluate soil losses can give indications of the potential degradation of the water quality. The goal of this work was to evaluate Areas of High Potential Risk of Non Point Source Pollution Formation (Method I) and to determine Areas of Soil Loss Susceptibility (Method II). The methods were determined using data related to: soil, relief, natural potential of erosion, agricultural aptitude of lands, characterization of management practices and soil loss tolerance. To complete Method I, the following information was used: Natural Potential of Erosion (PNE); Agricultural Aptitude of Lands; and Assessment Plan of Agricultural Procedures. These three maps generated the map of Areas of High Potential Risk for Diffuse Load Formation in the Ribeirão dos Marins watershed - Monjolinho. To complete Method II, the Universal Soil Loss Equation (USLE) was applied. In this case three situations were analyzed: 1 - Considering the current best management practices used of the area; 2 – Not considering the current best management practices used in the area; 3 - Considering the application of best management practices in the whole area. In this method the rates of soil losses had been analyzed in t/ha/year and mm/cells/year. Later the areas susceptible to soil losses were analyzed by means of a soil loss tolerance methodology. Results showed that sugarcane is the predominant culture in the study area (42,2%), followed by pasture (37,8%). The moderate to strong potential PNE was restricted to 0.9% of the area and the strong potential was null; the adequacy of land use was considered as over-used in 6,4% of the area. The average soil loss, according to USLE, was around 1t/ha/year in 61,1% of the basin. In Method I, the areas of high potential risk of non point source pollution formation equal 7.5% of the total and in Method II the critical areas, susceptible to erosion equal 11,3 % of the total.

In the crossing of the two methods, there was agreement in 84,6% of the total area; 80% were classified as non-critical areas (without potential for diffuse load formation) and 4.6% were classified as critical areas (with high potential risk of diffuse load formation). The methods had provided substantial indications for assessment of the potential of formation of non point source pollution, which causes detriment of the water quality in watersheds.

Keywords: Pollution; Non point source; Water quality; Soil loss; Erosion.

1. INTRODUÇÃO

A água cobre $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra, onde mais de 97% da água do planeta é salgada e menos de 3% de água doce. Desta última, 77% estão congeladas nos círculos polares; 22% compõem-se de águas subterrâneas; e a pequena fração restante encontra-se nos lagos, rios, plantas e animais (PALHARES et al., 1999).

O estudo das bacias hidrográficas possibilita a integração dos fatores que condicionam a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, com os seus reais condicionantes físicos e antrópicos. Essa escala também se mostra compatível para as ações políticas relacionadas à conservação do solo e a gestão dos recursos hídricos (PROCHNOW, 1985).

A avaliação das disponibilidades hídricas, envolvendo aspectos de qualidade e quantidade representa um ponto fundamental para o estabelecimento de uma política de preservação e conservação dos recursos hídricos.

Os principais fatores de degradação e deterioração da quantidade e da qualidade da água de rios e lagos são: desmatamento das matas ciliares; ocupação desordenada do solo; atividades extrativas; deposição de lixo e entulho; queimadas; escoamento inadequado das águas da chuva; práticas agrícolas inadequadas; uso de agrotóxicos, e construções de estradas (LUZ, 2001).

A produção excessiva de sedimentos pela erosão acelerada, tem promovido extensivamente o assoreamento, a poluição e a eutrofização das águas superficiais, com prejuízo da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos (WEILL, 1999).

No Estado de São Paulo, a erosão gera pesados prejuízos para a sociedade, devido à perda de solos agricultáveis e da necessidade de investimentos públicos em obras de infraestrutura (CAVALLI, 1999).

A água é um dos recursos naturais mais ameaçados, dado à falta de cuidado com a sua preservação, mostrando um cenário mundial de total degradação, devido aos crescentes despejos industriais e domiciliares, cujos efluentes são despejados nos cursos d'água sem qualquer tipo de tratamento. A utilização da água pela agricultura para produção de alimentos acaba contaminando o solo e a água pelo uso indiscriminado de agrotóxicos.

Apesar da atividade agrícola ser necessária para a sociedade, à prática agrícola não sustentável traz como consequência à erosão acelerada do solo, tornando-se uma fonte de poluição dos corpos d'água via sedimentos e elementos químicos arrastados. A poluição da água gerada pela erosão do solo afeta diretamente o processo de produção de água potável, aumentando a quantidade de insumos e o custo de produção (MISHAN, 1971; RANDALL, 1987 citado por LÓPEZ, 1997).

A hipótese desta dissertação admite que, o uso de modelos empíricos para avaliação de perdas de solo pode dar indicações de áreas críticas com potencial para produção de cargas difusas de origem agrícola.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral dessa pesquisa foi à avaliação das áreas de alto risco potencial de degradação da qualidade de água na bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar a qualidade da água da bacia por meio de equações de perda de solo;
- Avaliar o impacto das atividades agrícola na bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho, a partir da aptidão agrícola das terras;
- Avaliação da perda de solo a partir do Potencial Natural de Erosão;
- Avaliação da perda de solo a partir da Equação Universal da perda de Solo;
- Avaliação do procedimento agrícola na bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Recursos hídricos

Os recursos hídricos são fundamentais para o desenvolvimento de diversas atividades sócio-econômicas, considerando dois aspectos fundamentais, a quantidade e a qualidade de água (FREITAS e SANTOS, 1999).

Em relação à quantidade de água doce, o Brasil ocupa a posição de ser o país com a maior porcentagem dessa água no mundo (12% do total). A maior parte desse recurso concentra-se em um único rio, o Amazonas, com volume anual de 6.000 km³. Apesar desse percentual o País apresenta situações contrastantes, com grande escassez de água nas áreas rurais do Nordeste e com quantidade, mas qualidade deteriorada, em regiões industrializadas como no Sul, no Sudeste e nas grandes metrópoles (BARBOSA, 2002).

A diminuição da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos pode ser observada no trabalho de GARCIA e DIAS (2001) citado por SILVA (2002). O trabalho foi conduzido no Rio São Francisco, o qual possui dois terços dos afluentes no Estado de Minas Gerais e um terço no Oeste do Estado da Bahia. Os autores verificaram que em mais de 100 rios no Norte de Minas Gerais ocorreram profundas alterações do regime hidrológico, e cerca de 400 nascentes de rios desapareceram nos últimos dois anos na região do entorno do município de Unai, Noroeste de Minas Gerais. Isso ocorreu principalmente devido à mudança da cobertura vegetal, com o reflorestamento indiscriminado das terras com eucalipto para produção de carvão, gerando um grande desmatamento do cerrado mineiro e promovendo o assoreamento dos rios e a destruição de veredas e nascentes.

Ao longo da história da humanidade nenhum outro ecossistema tem sofrido tantas alterações como os sistemas aquáticos. As modificações causadas por ações humanas nos corpos d'água podem ser agrupadas em cinco principais categorias: 1) estrutura física do habitat; 2) regime de fluxo hídrico; 3) interações biológicas; 4) qualidade química da água; 5) fluxo de energia. Qualquer modificação em uma dessas categorias levará necessariamente a uma alteração importante do ambiente (KARR et al., 1997 citado por BARBOSA, 2002).

O consumo mundial de água cresceu mais de seis vezes entre os anos 1900 e 1995, significando mais que o dobro das taxas de crescimento da população, (FREITAS e SANTOS, 1999; WMO, 1997 citado por FREITAS e SANTOS, 1999; NASCIMENTO e VON SPERLING, 1999). O setor agrícola é responsável por 70 % do consumo mundial da água e a tendência é aumentar com o incremento das áreas de lavouras irrigadas. Em algumas regiões as retiradas são tão elevadas em comparação com a oferta, que a disponibilidade das águas superficiais e subterrâneas estão sendo reduzidas drasticamente.

3.2 – Qualidade da água

A qualidade da água diminui por diversos fatores, tais como: disposição inadequada de resíduos sólidos; esgotos domésticos; efluentes industriais; uso de agrotóxicos na agricultura, entre outros (PARREIRA et al.,1999).

Essa queda da qualidade da água pode ser observada, principalmente, nas populações que vivem à beira de rios e córregos, nas quais as doenças infecciosas causadas por veiculação hídrica são mais freqüentes (CARVALHO et al., 1999). Segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde), para cada R\$ 1,00 investido em saneamento o Governo economizaria R\$ 5,00 em serviços de saúde (LOPES, 2002). Os custos técnicos e ambientais para obtenção de novas fontes de água, para abastecimento público, são bem mais elevados do que a manutenção das fontes já existentes (NASCIMENTO e VON SPERLING, 1999).

A qualidade da água potável é avaliada por meio de vários parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microorganismos que possam comprometer tanto a aparência quanto à salubridade da água. Para a salubridade é considerada a ausência de patógenos e/ou substâncias químicas em concentrações tóxicas ou que possam tornar-se tóxicas com o uso contínuo da água (BRANCO, 1999).

A partir da segunda metade do século passado, com o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento de água, chegou-se a acreditar que os mananciais de água que

recebiam efluentes industriais contendo micro-poluentes sintéticos, orgânicos e inorgânicos, poderiam ser tratados permitindo a produção de uma água segura, independentemente dos níveis de poluição desses mananciais (HESPANHOL, 1999).

Uma avaliação efetuada pela National Research Council, em 1980, identificou que apenas 10%, em peso, dos compostos orgânicos presentes na água potável e apenas alguns tiveram suas características toxicológicas determinadas. Como consequência dessa insegurança o número de parâmetros analisados vêm aumentando. Em 1925, o Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos regulamentava um número inferior a 10 parâmetros. Em 1974 a vigilância foi atribuída à Agência Nacional de Proteção Ambiental Americana (USEPA), e o número de parâmetros analisados passou a ser superior a 20 e hoje está próximo de 130. Até 2020 a tendência é que esse número seja de aproximadamente 200 parâmetros, o que não garante que se disporá de uma água tão segura quanto aquela disponível em 1925, que era caracterizada por uma quantidade irrisória de parâmetros (HESPANHOL, 1999).

No Brasil, os sistemas de tratamento de água, convencionais, retiram apenas uma pequena porcentagem de substâncias orgânicas sintéticas, associadas às partículas que conferem turbidez, removidas por meio da adsorção aos flóculos formados durante as operações de coagulação e floculação. Alguns metais pesados, como o manganês e o ferro, também podem ser removidos, mas em porcentagem muito pequena (HESPANHOL, 1999). As porcentagens significantes de metais pesados e compostos orgânicos sintéticos ou micro-elementos poluentes, como os organo-fosforados e organo-clorados, bem como outros poluentes de difícil remoção, somente podem ser retirados em sistemas projetados, especialmente para essa finalidade.

Para uma análise mais efetiva da qualidade da água há necessidade de se ter à disposição dados resultantes de análises físicas, químicas, biológicas e hidrológicas, realizadas com relativa frequência e em períodos que abranjam as quatro estações do ano. Pois é necessário conhecer as propriedades, as origens e os impactos dos possíveis poluentes contidos nos cursos d'água (AMORIM e FERREIRA, 1999). Concorda com esta afirmação

SANTOS et al. (1999), citando que, a qualidade da água não está relacionada diretamente aos valores obtidos em um único resultado de análise, mas, na avaliação global do sistema e das atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica em estudo.

A intensificação da agricultura e a necessidade do aumento de produtividade têm gerado o aumento do consumo de insumos agrícolas (agroquímicos, fertilizantes e corretivos agrícolas), causando impactos direta ou indiretamente sobre os recursos hídricos, nas bacias hidrográficas. Esses produtos são responsáveis pela formação das cargas difusas ou não pontuais, substâncias que podem ser transportadas sobre a superfície do solo juntamente com a água de escoamento superficial ou por percolação para o perfil do solo (TELLES (1999) citado por REBOUÇAS (1999)).

3.3 – Cargas Difusas

As cargas difusas são poluentes que estão espalhados por grandes áreas a baixas concentrações, ao invés de poluentes que ficam situados em um único local, a níveis geralmente tóxicos (CORWIN et al., 1998). A poluição por carga difusa está presente na natureza e é de remoção extremamente complexa e difícil; tem o poder de se manter ativa no ecossistema por períodos relativamente longo e isso pode resultar em problemas crônicos à saúde, a longo prazo, nos seres humanos e em outras formas de vida (CORWIN et al., 1998; HERMES et al., 1995; LAROCHE e GALLICHAND, 1995; MASSE et al., 1996).

Segundo EIGER et al. (1999), as cargas difusas apresentam uma dinâmica complexa, com várias particularidades como: grande variabilidade, de uma bacia para outra, e dentro de uma mesma bacia em momentos diferentes, resultado da multiplicidade de fatores e fontes de poluição que agem de forma pouco previsível; afluem aos cursos de água tanto em tempo seco quanto na ocorrência de eventos de chuva; dependem das características das precipitações (intensidade e distribuição das chuvas), concentrando-se na fase inicial do evento de chuva em razão de efeito de lavagem da bacia e das calhas de drenagem. Essas cargas dependem significativamente de fatores locais, cujos efeitos nem sempre podem ser descritos por critérios racionais e gerais, que permitam ser extrapolados de uma região para outra.

CORWIN et al. (1998), associam os poluentes por cargas difusas principalmente com as atividades agrícolas como a aplicação de fertilizantes, agrotóxicos e acumulação de sais e traços de elementos devido à irrigação nas lavouras. Enquanto EIGER et al. (1999) relacionam a origem dessas cargas difusas às mais variadas atividades: áreas rurais com atividades agrícolas, pecuária, mineração; chácaras de lazer e recreação; áreas naturais pouco alteradas como matas, capoeiras, campo; áreas urbanas com esgotos domésticos, efluentes líquidos; resíduos sólidos com lançamento direto no leito dos cursos de água ou na rede de drenagem pluvial, de lixo doméstico e de atividades comerciais e industriais; movimento de veículos; lavagem de superfícies; erosão; lavagem de materiais de construção; deposição atmosférica na forma de partículas em suspensão no ar e outras.

A poluição difusa pode comprometer seriamente a qualidade dos mananciais pelo carreamento de compostos de natureza tóxica como os agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas, acaricidas, etc.) e os nutrientes, principalmente o nitrogênio N e o fósforo P (SANTOS et al., 1999).

A principal consequência da agressão à água por defensivos e corretivos agrícolas é, sem dúvida, a alteração de suas características iniciais, pois os poluentes, principalmente os orgânicos, atuam sobre o oxigênio dissolvido fazendo com que a água perca o seu poder de oxigenação, tirando a condição de sobrevivência dos seres que nela habitam, como peixes, crustáceos e microrganismos (TELLES (1999) citado por REBOUÇAS, et al. (1999)).

3.3.1 Agrotóxicos

A aplicação de agrotóxicos nas lavouras é uma das formas de combate às pragas e doenças, que atacam as culturas. Os agrotóxicos são eficientes em grandes e pequenas plantações, pois evitam perdas agrícolas na faixa de 30 %. Além de garantir culturas livres de pragas, transmitem tranquilidade ao produtor, garantindo colheitas com boa relação custo/benefício (PARREIRA et al., 1999).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 1992, a

comercialização de agrotóxicos, em 1989, atingiu no mercado brasileiro o valor de 151.757 toneladas, 36% das quais representados pelos herbicidas. Em 1993, segundo a Associação Nacional de Defensivos (ANDEF), foram gastos 875,7 milhões de dólares com agrotóxicos, dos quais, 56% destinados aos herbicidas. Em 1996 o Brasil era o quarto maior consumidor de agrotóxicos do mundo (CARVALHO, 1996 citado por PARREIRA et al., 1999). O faturamento das indústrias de agrotóxicos no Brasil dobrou em 10 anos. O crescimento ocorreu principalmente, a partir de 1993 após a reclassificação toxicológica feita pelo Ministério da Saúde.

Os agrotóxicos são, normalmente, de três tipos: inorgânicos, clorados e organofosforados. Os inorgânicos são tóxicos, tanto às plantas quanto ao homem e aos insetos. Os clorados não biodegradáveis são os mais persistentes no meio ambiente. Os organofosforados são mais tóxicos, no entanto, pouco persistentes permanecendo no solo e na água no máximo por algumas semanas (TELLES, 1999). Muitas vezes, as substâncias não são encontradas isoladas, mas acompanhados de seus respectivos solventes, que podem também ser altamente tóxicos. A maioria dos poluentes químicos é instável o que dificulta a identificação da substância (CARSON, 1962 citado por HESPANHOL, 1999).

Nos Estados Unidos o estudo de qualidade de água para o Programa Nacional de Pesquisa Geológica (NAWQA) foi baseado na análise dos recursos hídricos de 20 bacias hidrográficas o qual revelou a presença de agrotóxicos em 95% dos fluxos de água e 50% dos poços estudados, que estavam próximos a áreas agrícolas e urbanas, que variaram de acordo com o uso do solo e a época do ano. Alguns herbicidas mais utilizados como: metalachlor, simazine, atrazina foram os mais encontrados. O escoamento superficial pode ter sido responsável pela presença dessas substâncias e pelo aumento de poluição por cargas difusas nos recursos hídricos dessas 20 bacias estudadas (GRAFFY, 1998).

CLARK (1997), realizou estudo na Bacia Superior do Rio da Cobra, Idaho e Western Wyoming, onde avaliou a ocorrência de agroquímicos em águas superficiais e relacionou com as aplicações anuais totais e fluxos diários destas substâncias nas saídas das sub-bacias. Para

isso coletou 37 amostras de água em 31 sub-bacias, no período de maio a junho de 1997. Analisou 83 agrotóxicos e seus metabólitos dentre os quais atrazina e seu produto de dealquilação microbiana desethylatrazina, cuja solubilidade em água é duas vezes maior do que a atrazina. Em trinta das 37 amostras foram detectadas a presença de um agroquímico, e 16 das amostras contiveram três ou mais. As amostras coletadas da bacia na parte jusante foram as que apresentaram o maior número de substâncias tóxicas; 17 substâncias ou metabólitos. Os herbicidas EPTC (s-etil-dipropil(Tiocarbamato), atrazina, metolachlor, alachlor e desethylatrazine foram os mais encontrados. Essas cinco combinações responderam por 76% das descobertas totais. O EPTC foi o agrotóxico mais encontrado, presente em 30 amostras, atrazina e seu produto desethylatrazina, foram o segundo e o terceiro freqüentemente encontrado. Em contraste com o EPTC, a atrazina não é aplicada extensivamente em toda a bacia, o que é provável que sua presença na mesma, se deva ao resultado da alta solubilidade em água e taxas de desarranjo da molécula mais lentas. Devido a essas características, atrazina e desethylatrazina, podem ser transportados a fluxos de escoamento superficial ou em descarga de água subterrâneas ao longo do ano.

RAMALHO (2000), avaliou a contaminação do solo, da água, dos sedimentos e das hortaliças por metais pesados na microbacia do Caetés em Paty do Alferes – RJ. A partir da influência da topografia e do uso agrícola, constatou a presença desses elementos em todos os itens analisados. As águas do córrego próximas às antigas áreas de olericultura apresentaram níveis de metais acima do permitido. As concentrações de Cd, Pb e Mn ficaram bem acima do permitido pelo Ministério da Saúde para potabilidade da água. A topografia da área e seu uso agrícola têm efeito marcante na acumulação de metais pesados no solo: quanto menor a declividade e mais freqüente o uso de agroquímicos, maior a concentração de agroquímicos e maior o teor de metais pesados nas camadas superficiais do solo, contribuindo para contaminação de rios e lagos pelos sedimentos carreados dessas camadas.

3.3.2 - Nutrientes

Os nutrientes, nitrogênio - N e fósforo - P, quando diluídos na água sofrem alterações e apresentam dinâmicas diferentes, devido aos seus ciclos hidrogequímicos. Um exemplo disso é o Nitrato, composto mais importante do nitrogênio, cuja característica principal é a alta solubilidade em água, tornando-se, assim, um elemento facilmente transportado pelo escoamento superficial ou sub-superficial, causando a sobrecarga de nutrientes nos corpos d'água. Esses dois elementos, o nitrogênio e o fósforo são responsáveis pela proliferação das algas, muitas vezes tóxicas, principalmente em águas represadas, decorrentes das várias atividades humanas e do uso desordenado do solo (SANTOS et al., 1999). O uso de detergentes sintéticos à base de fósforo tem contribuído significativamente para o aumento do teor desse elemento nos esgotos domésticos e industriais.

O processo de fertilização das águas devido à presença de N e P, é chamado de eutrofização e causa impactos principalmente em reservatórios, onde a maior parte dessas substâncias, fica retida nos vários níveis tróficos do ecossistema aquático. Em função do efeito cumulativo, o potencial de crescimento das algas vai aumentando gradativamente no decorrer do tempo, podendo produzir uma quantidade de matéria orgânica igual ou mesmo maior aquela que chega ao reservatório (VALENTE, 1997).

Segundo TUNDISI et al., (1999), a eutrofização é o resultado das inúmeras descargas de águas contaminadas, poluídas, com alta concentração de N e P. É um processo acelerado quando promovido pelas atividades humanas. As conseqüências da eutrofização em lagos, represas, rios é o aumento de matéria orgânica nos sistemas, produzindo concentrações indesejáveis de fitoplâncton. Esse aumento das atividades humanas nas bacias hidrográficas tem aumentado as funções de transferências de sistemas terrestres para sistemas aquáticos, acelerando os coeficientes de exportação, onde acúmulo de fósforo no sedimento é comum.

As perdas de fósforo e outros nutrientes no sedimento e em suspensão decorrentes da erosão hídrica foram quantificados por SCHICK et al., (2000), em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo em um Cambissolo Húmico Alumínico, em Lages (SC), no período

de janeiro de 1993 a outubro de 1998. O teor de fósforo na camada de 0-25 cm na semeadura direta e escarificação/gradagem foi, respectivamente, 6,6 e 2,6 vezes maior do que na aração/duas gradagens. Em relação ao solo sem cultura, os teores de fósforo foram 19,2 vezes maiores na semeadura direta. Isto é explicada pela ausência de fertilização e culturas no tratamento aração/ duas gradagens/ solo sem cultura. O teor dos nutrientes estudados no sedimento da erosão foi, em geral, maior nos sistemas de preparo conservacionistas (média dos ciclos culturais estudados) tendo sido alta no caso de fósforo. Assim os teores de fósforo foram cerca de 4,5 vezes maiores na semeadura direta do que na aração/gradagem. Os maiores teores de fósforo no sedimento da semeadura direta podem ser explicados por seu maior teor na camada de 0-25 cm, bem como, provavelmente, pela mineralização desses elementos, decorrente do ataque microbiano aos resíduos culturais presentes na superfície, liberando-os regularmente ao solo. Na semeadura direta o teor de fósforo no sedimento da erosão foi 152 vezes maior do que na suspensão na média dos períodos estudados, indicando que o fósforo pode se tornar um sério problema de contaminação ambiental por eutrofização das águas, além de contribuir para elevar o custo de produção, principalmente se as perdas de solo nesse sistema forem elevados.

BERTOL e MIQUELLUTI (1993) observaram que o solo descoberto perdeu 2,6 vezes mais fósforo do que o solo com a cultura de milho. Esse resultado foi verificado por SCHICK et al. (2000), aonde citam que a perda de nutrientes via erosão hídrica é um dos principais fatores determinantes do empobrecimento dos solos e da redução da produtividade da maioria das culturas, com conseqüente acréscimo no custo da produção. Os nutrientes que seriam utilizados pelas plantas, quando contidos nos sedimentos e na enxurrada, não somente contribuem para deterioração da qualidade das águas superficiais como representam uma perda econômica para os agricultores (CASTRO et al., 1986).

A perda de sedimentos e nutrientes por escoamento superficial é uma fonte importante de poluição por cargas difusas. Para a quantificação dessa perda, WALL et al., (1996), desenvolveram uma equação que quantifica a relação entre fósforo e sólidos suspensos, independente do tamanho da bacia. Os autores aplicaram na Bacia de Ontário no

Canadá, na região dos Grandes Lagos. As bacias foram agrupadas em três classes dependendo da área de drenagem: 1) Parcelas, 10 ha ou menos; 2) Bacias Pequenas, 10 a 1000 ha; 3) Grandes Bacias, maiores de 1000 ha. As cargas de sedimentos suspensos para as parcelas (0,1 ha), variaram de 1500 a 9000 kg/ha/ano; para as bacias pequenas (50 a 150 ha), variaram de 20 a 1000 kg/ha/ano e, para as onze grandes bacias as cargas de sedimentos suspensos variaram de 50 a 2.200 kg/ha/ano. A relação entre fósforo total, e sólidos suspensos para as parcelas em pequenas bacias foi em média 1.2 kg/ton, para as grandes bacias foi de 3.1 kg/ton. A relação entre fósforo e sólidos suspensos foi mais alta em áreas que produziam baixos níveis de sólidos suspensos, pois nesses casos somente partículas de sedimentos menores são levadas para os cursos d'água, e o fósforo é adsorvido mais facilmente por estas partículas menores, resultando numa massa maior de fósforo por unidade de sólidos totais, significando que a redução de cargas de sólidos suspensos não implica na redução de porcentagem equivalente de fósforo nas águas.

A contaminação dos cursos d'água pode ocorrer de forma direta ou indireta, principalmente em locais próximos às áreas agrícolas onde se desenvolvem culturas que são agredidas pela não observância de cuidados com o manejo de insumos agrícolas (TELLES, 1999). A contaminação na forma direta ocorre quando os insumos entram em contato com a água, geralmente por meio de despejos, enquanto na forma indireta este contato é feito por intermédio de outros fatores como: ação dos ventos, escoamento superficial, infiltração e percolação.

3.3.3 – Sedimentos e erosão hídrica

A qualidade da água é diretamente afetada pela presença de sedimentos, que agem como: catalisadores, transportadores e agentes mantenedores de outras formas de poluição. Em alguns casos, como nas planícies aluvionais, inundadas anualmente, a fertilidade é resultado da grande concentração de sedimentos que arrastam nutrientes. Quanto maior à concentração de sedimentos na água menor a sua qualidade. Tornando-a imprópria para o abastecimento humano e animal, uso industrial e vida aquática (COSTA, 1988).

No estudo da conservação do solo e da água, uma das principais preocupações é a perda de solo por erosão, implicando na remoção de nutrientes, com conseqüente declínio do potencial produtivo das terras, bem como o assoreamento dos cursos d'água, ocasionando problemas na qualidade da água de irrigação e abastecimento, entre outros, (ITO, 1998).

O solo destaca-se como um dos mais importantes recursos naturais na composição da paisagem e o processo de erosão aparece como um dos principais agentes de degradação dos solos (SANTOS, 1999). A erosão hídrica, em clima tropical, é uma das importantes causas da diminuição da capacidade produtiva de áreas agricultáveis e um agente de contaminação e assoreamento das águas superficiais (OLIVEIRA, 1999).

A erosão hídrica do solo é causada por agentes erosivos como a precipitação pluvial e o escoamento superficial, promovendo um ciclo de alteração, desagregação, transporte e sedimentação dos constituintes do solo. Existem três tipos de erosão hídrica: laminar, em sulcos e em voçorocas. A erosão laminar consiste na remoção das camadas superficiais do solo, resultantes da desagregação e destacamento dos seus elementos constituintes originada pelo impacto das gotas de chuva e pelo escoamento superficial. A erosão por sulcos, o escoamento superficial originado pela precipitação concentra-se em pequenas linhas de água que vão se alargando progressivamente em largura e profundidade se transformando nas voçorocas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

A erosão dos solos gera pesados prejuízos à sociedade através da perda de áreas agricultáveis e de investimentos em obras de infra-estrutura. Os problemas derivados da erosão hídrica podem ser de distintas magnitudes. Nos lugares em que ocorrem processos erosivos, verifica-se uma perda da capacidade produtiva do solo, devido à remoção dos horizontes superficiais. Por outro lado, os excedentes hídricos que chegam até a rede de drenagem transportam sedimentos, nutrientes e agroquímicos que contaminam as águas superficiais (SOUTO e CRESTANA, 2001; GRIEBELER et al., 2001; LÓPEZ, 1997).

O processo erosivo, não se restringe simplesmente ao impacto da chuva no solo. A

topografia, o tipo de solo, a vegetação, a ação humana atuam em conjunto nas bacias hidrográficas no sentido de alterar e modelar a paisagem. Os fatores intervenientes podem se classificados em dois grandes grupos: os que determinam ou caracterizam a ação erosiva da chuva e do escoamento superficial e os que determinam ou caracterizam a erodibilidade do solo no seu conjunto (tipo de solo e cobertura).

O aumento dos processos erosivos nas áreas rural e urbana tem como principal agravante as freqüentes alterações não planejadas no uso da terra, acima da capacidade de suporte do solo (MORAES et al., 2002).

A erosão é responsável pela perda de 500 milhões de toneladas de solo por ano, correspondente ao desgaste uniforme de uma camada de 15 cm de espessura numa área de cerca de 280.000 hectares de terra. O efeito da perda de solo na produção das culturas varia de acordo com o tipo e a profundidade do solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

Segundo ELTZ et al. (1977), a erosão hídrica é um processo complexo e se manifesta em intensidades variáveis, condicionados pelo clima, solo, topografia, vegetação, uso da terra e práticas conservacionistas. No estudo desses processos, estes fatores devem ser considerados isoladamente.

A erosão acelerada do solo é um dos principais impactos ambientais causados pela atividade agrícola e, apesar da dificuldade de se calcular com precisão as perdas de solo, sabe-se que estas perdas têm causado sérias conseqüências econômicas e ambientais. A estimativa das perdas de solo em áreas rurais é essencial para se determinar à magnitude do aporte de sedimentos aos cursos d'água (MORETTI, 2001).

3.4 - Modelos Empíricos

Para a elaboração de um plano de conservação do solo e da água é necessário o conhecimento das relações entre os fatores que causam perdas de solos e água e as práticas conservacionistas que visam reduzir tais perdas. Com esse objetivo, equações empíricas vêm

sendo empregadas na avaliação de perdas de solo em áreas cultivadas, pois têm a vantagem de serem utilizadas em escala universal, dependendo da existência ou obtenção de dados locais específicos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

3.4.1 - Equação Universal de perda de Solo (EUPS)

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), foi desenvolvida no fim da década de 1950 no Runoff and Soil-Loss Data Center, do Agricultural Research Service, com sede na Universidade de Purdue nos Estados Unidos. Aonde estudiosos reuniram-se e interpretaram analiticamente dados básicos de perdas de solo e de água disponíveis em vários locais daquele país. WISCHEMEIER e SMITH em 1965 desenvolveram a equação de perda de solo hoje conhecida e em 1978 esses mesmos autores revisaram, atualizaram e incorporaram novos dados à equação. No Brasil, BERTONI et al. (1975) desenvolveram os primeiros estudos sobre a equação de perdas de solo, utilizando os dados existentes para as condições do Estado de São Paulo. A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) serve como guia para o planejamento do uso do solo e determinação das práticas conservacionistas do solo a uma dada área, por ser capaz de estimar o potencial de perdas de solo por erosão laminar de uma determinada área. A equação de previsão de perdas de solo é um instrumento valioso para os trabalhos de sua conservação. Podendo prever as perdas anuais médias de solo em condições específicas de declive, tipo de solo, sistemas de manejo e cultivo entre outros fatores. Pode ser utilizada como guia para o planejamento do uso do solo para determinar as práticas de conservação mais apropriadas para dado terreno (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

A Equação Universal de Perdas de solo (EUPS) segundo BERTONI e LOMBARDI NETO (1990) é expressa:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área, t/ha/ano;

R = fator chuva (erosividade): índice de erosão pela chuva, (MJ/ha.mm/ha);

K = fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é de índice de erosão da chuva,

para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m t/ha/(MJ/ha.mm/ha);

L = fator comprimento do declive: relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um comprimento de rampa de 25 m para o mesmo solo e grau de declive;

S = Fator grau de declive: relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa;

C = fator uso e manejo: relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, isto é, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado;

P = fator prática conservacionista: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo.

O termo erodibilidade refere-se à vulnerabilidade ou à susceptibilidade de um solo à erosão, que é recíproca de sua resistência (HUDSON, 1981 citado por ALBUQUERQUE et al., 2000). A erodibilidade de um solo pela água dependerá: a) das propriedades que atuam na resistência do solo à desagregação pela água e b) das propriedades que afetam seu transporte pela água, (ELLISON, 1946 citado por ALBUQUERQUE et al. 2000).

O fator C para uma cultura, em determinado sistema de manejo e local específicos, representa o efeito da cobertura e manejo do solo na redução da erosão hídrica e é determinado na USLE por meio do produto da razão de perda de solo (RPS) pela fração índice de erosividade anual (EI_{30}) referente ao ciclo da cultura em estudo (WISCHEMEIER e SMITH, 1978).

O fator C varia amplamente de acordo com a variação da erosividade e erodibilidade, para cada cultura e tipo de manejo e cultivo do solo. Assim, há grande dificuldade na determinação desse fator em virtude das inúmeras combinações possíveis de erosividade,

culturas, sistemas de cultivo, tipos de preparo e manejo para cada solo (BERTOL et al., 2001).

MORAES et al. (2002) avaliaram a expectativa para degradação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica de Jundiaí-Mirim em Jundiaí, SP a partir da análise integrada de planos de informação sobre o risco de erosão e uso e ocupação do solo nas zonas classificadas como área de preservação permanente (APP). Utilizaram a EUPS e verificaram que 30 % da área da APP, estava classificada como alto risco de degradação dos recursos hídricos. Dentro das áreas inadequadamente ocupadas estavam atividades altamente impactantes do ponto de vista ambiental. Atividades estas que promovem uma série de problemas para a preservação dos recursos hídricos, tais como transporte de sedimentos, contaminação por resíduos de insumos agrícolas (fertilizantes e agrotóxicos) e coliformes fecais.

As taxas anuais de erosão da EUPS foram estimadas por WEILL (1999), com ajuste dos fatores do modelo à realidade local na Microbacia do Ceveiro, Piracicaba-SP. Com base nas estimativas atuais de perda de solo, em uma taxa presumida de renovação dos solos, e na profundidade excedente do solo, calculou um índice de sustentabilidade, denominado “Índice de tempo de vida”, que é uma função da posição no terreno e remete ao tempo para instalação de impacto irreversível.

ITO (1998) utilizou a EUPS no estudo da erosão causada pelo manejo do solo na implantação de uma floresta de eucalipto em substituição a algumas culturas, na Microbacia do Rio Itupeva, nos municípios de Aguai e Santo Antonio do Pinhal, SP. As culturas para as substituições foram: cana-de-açúcar, pastagem, citrus e culturas anuais, soja e milho. As maiores perdas de solo, causando maiores impactos, foram observadas na pastagem, variando de acordo com o tipo de solo.

CAVALIERI (1997) aplicou o modelo de previsão da EUPS no ambiente do SIG-Idrisi 4.1, no Campus Experimental III, da Faculdade de Agronomia "Manoel Carlos Gonçalves" em Espírito Santo do Pinhal, SP. Os resultados obtidos foram aproximadamente: 21ha (36 %) apresentaram perdas de solo inferiores à tolerância e, o restante, 43 ha, ou seja,

67 % da área total, apresentaram perdas acima das toleradas. A área apresentou 19 ha (30 %) com Potencial Natural de Erosão (PNE) fraco; 16 ha como moderado (25%); 21 ha (33 %) de moderado a forte e 7 ha (11,3%) com forte potencial.

WEILL et al., (2001) definiram três indicadores para interpretação da situação de erosão: PNE; risco de degradação das terras por erosão; e, adequação do uso atual das terras, na bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, que abrange 38 municípios no Estado de São Paulo. Os resultados indicaram que: 48,9% da área em estudo, estava classificada com PNE baixo e muito baixo; 10,8% com potencial médio; e 40,3% restante, o potencial foi alto e muito alto.

BUENO (2002) avaliou a variabilidade do PNE e a perda de solo (PS) em áreas intensamente cultivadas, na Região de Monte Alto, SP, através da EUPS. Para definir as perdas de solo (PS), utilizando os fatores C e P atuais, que correspondem à influência da ocupação atual no condicionamento da erosão, tendo implícita a influência das diversas variáveis inerentes a práticas agrícolas observou que houve um incremento das áreas que manifestam os processos erosivos, refletindo uma maior possibilidade de ocorrência de erosão. Em função disto, têm-se áreas de perdas de solo bem ligadas a áreas de altos valores de potenciais de erosão e em menor grau, aos valores médios.

BRANDÃO (2001), propôs uma metodologia para avaliar o risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do Ribeirão Pinhal, Limeira-SP. Considerou para o trabalho o PNE, a avaliação da aptidão agrícola das terras e a caracterização do plano de manejo. As áreas críticas na combinação desses três planos, ou seja, de alto risco representaram 20 % da bacia e estavam localizadas preferencialmente no fundo de vales. Segundo a autora a combinação dos diversos planos de informação foi eficiente para avaliar os riscos de degradação dos recursos hídricos no manejo da bacia hidrográfica.

3.4.2 – Avaliação da aptidão agrícola das terras

“O uso adequado da terra é o primeiro passo em direção à agricultura correta. Para isso, deve-se empregar cada parcela de terra de acordo com a sua capacidade de sustentação e

produtividade econômica de forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para seu melhor uso e benefício procurando, ao mesmo tempo, preservar estes recursos para gerações futuras” (LEPSCH et al., 1991).

Segundo MACHADO et al. (2002) a definição de práticas adequadas de manejo e conservação dos solos e da água, exige o cruzamento de diversas informações encontradas, muitas vezes em diferentes formatos, tais como: mapas, fotos aéreas, imagens de satélites, textos, etc. As utilizações destas informações, geradas em épocas diferentes, através de metodologias distintas, em escalas variadas, contribuem para uma diversidade dos graus de precisão dos dados e de recobrimento da área.

NASCIMENTO et al. (2002) compararam três sistemas de classificação de aptidão agrícola das terras, verificando a sua adequação de classificação em solos de tabuleiros do estado do Rio de Janeiro. Os sistemas analisados foram: (1) de avaliação de aptidão agrícola das terras, (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), (2) classificação de terras no sistema de capacidade de uso (LEPSCH et al., 1991) e (3) sistema de classificação da aptidão agroecológica da terra para região oriental do Paraguai (OLIVEIRA e SOSA, 1995). Observaram que para alguns fatores analisados como: a fertilidade do solo, os sistemas (1) e (3) são bastante semelhantes na classificação das terras. O sistema (2) também apresentou boa relação com os sistemas (1) e (3) apesar de ser menos detalhista. Para os fatores de saturação por alumínio e pH do solo, o sistema (3) não apresentou boa relação com os demais sistemas, para os solos estudados. A maioria dos solos apresentou grau de fertilidade moderado. No fator, disponibilidade de água todos os sistemas apresentaram a mesma classificação. Na susceptibilidade à erosão e viabilidade de mecanização, os resultados percentuais observados para os diferentes sistemas foram idênticos, ressaltando que o sistema (2) não apresenta avaliação da mecanização. Para a interpretação do fator erosão, o sistema (2) pareceu ser o mais adequado, pois se mostrou o mais discriminante. O sistema (1) parece não ser bem adequado, uma vez que para os diferentes graus de limitação, foi pouco discriminante quando comparado com os demais sistemas. Os diferentes sistemas apresentaram boa correspondência entre si. O sistema (3) utiliza maior número de fatores limitantes, mas necessita de adaptações,

no que se refere à fertilidade dos solos estudados.

MACHADO et al. (2002), determinaram a aptidão agrícola dos solos no município de Silveira Martins, RS, através do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Utilizando o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras segundo RAMALHO FILHO e BEEK. Concluíram que grande parte das terras do município apresentavam alguma restrição, porém, mesmo assim, foram consideradas aptas para lavouras anuais já nos locais com declividade acentuada foram consideradas aptas para pastagem natural e silvicultura.

RAMALHO FILHO e BEEK (1995), desenvolveram o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras, apresentando três níveis de manejo e viabilidade (A, B e C) para as condições agrícolas, variando de acordo com o nível tecnológico utilizado pelos produtores, na época de sua realização, podendo sofrer alterações com a evolução tecnológica dos mesmos. A análise das condições agrícolas das terras é feita a partir de cinco parâmetros: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

3.4.3 - Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras, segundo RAMALHO FILHO e BEEK, 1995

O sistema de avaliação das terras de RAMALHO FILHO e BEEK (1995) é baseado nos níveis de manejo da bacia em estudo, e nos grupos de aptidão agrícola aonde são definidas as classes de aptidão das terras indicadas para cada uso, como: lavoura, pastagem plantada ou natural, silvicultura, preservação da flora e da fauna, de acordo com os níveis de manejo definidos anteriormente.

3.4.3.1 - Níveis de manejo considerados:

- *Nível de manejo A (primitivo)* – baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico. Praticamente não ocorre aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal

com implementos simples.

- *Nível de manejo B (pouco desenvolvido)* - Baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e plantações. As práticas agrícolas incluem calagem e adubação com NPK, tratamentos fitossanitários simples, mecanização com base na tração animal ou na tração motorizada, apenas para o desbravamento e preparo inicial do solo.
- *Nível de manejo C (desenvolvido)* - baseia-se em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das plantações. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

3.4.3.2 - Grupos de aptidão agrícola

O grupo de aptidão agrícola é um artifício cartográfico, que identifica na carta o tipo de utilização mais intensiva das terras, ou seja, sua melhor aptidão. Os grupos 1, 2, 3, além da identificação de lavouras como tipo de utilização, desempenham a função de representar, no sub-grupo, as melhores classes de aptidão das terras indicadas para lavouras, conforme os níveis de manejo. Os grupos 4, 5 e 6 apenas identificam tipos de utilização (pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna respectivamente), independente da classe de aptidão (tabela 1).

Tabela 1. Alternativas de utilização das Terras de acordo com os grupos de Aptidão Agrícola

Grupo de Aptidão Agrícola	Aumento da intensidade de uso					
	Preservação da flora e da fauna	Silvicultura e/ou pastagem natural	Pastagem plantada	Lavouras		
				Aptidão restrita	Aptidão regular	Aptidão boa
Aumento da intensidade da limitação Diminuição das alternativas de uso	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					

Fonte: RAMALHO FILHO e BEEK (1995)

3.4.3.3 - Classes de aptidão agrícola

As classes expressam a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, com um nível de manejo definido, dentro do subgrupo de aptidão. Refletem o grau de intensidade com que as limitações afetam as terras. São definidas em termos de graus, referentes aos fatores limitantes mais significativos. Esses fatores que podem ser considerados subclasses e definem as condições agrícolas das terras.

Os tipos de utilização são: lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural.

As classes de aptidão agrícola foram definidas em: Boa, Regular, Restrita e Inapta, para cada tipo de utilização indicado (Tabela 2).

Tabela 2. Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras

Classes de aptidão agrícola	Tipo de utilização					
	Lavoura			pastagem plantada	Silvicultura	Pastagem natural
	Nível de manejo A	B	C	Nível de manejo B	Nível de manejo B	Nível de manejo A
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	P	S	N
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

Fonte: RAMALHO FILHO e BEEK (1995)

3.5 – Avaliação dos procedimentos agrícolas

Avaliações, em geral, podem ser feitas por meio de entrevistas de investigação as quais se inserem num amplo conjunto de comportamentos verbais (BLANCHET et al., 1997). A entrevista não é uma simples conversa, mas sim uma conversa orientada com um objetivo definido de recolher, por meio de interrogatório do informante, dados para a pesquisa (CERVO, 1996).

A entrevista de investigação pretende chegar ao conhecimento objetivo de um problema, ainda que subjetivo, a partir da construção do discurso: trata-se de uma operação social de saber comunicar e discutir (BLANCHET et al., 1997).

A entrevista semi-estruturada parte de certos princípios básicos, apoiados em teorias e hipóteses, que interessam a pesquisa, e que, em seguida oferecem amplo campo de interrogativas, fruto de novas hipóteses que vão surgindo à medida que se recebem as respostas do informante. Assim, o informante seguindo a linha de seu pensamento e de suas experiências, dentro do foco principal colocado pelo investigador, começa a participar na elaboração do conteúdo da pesquisa (TRIVIÑOS, 1987).

A entrevista possibilita registrar, observações sobre a aparência, sobre o comportamento e sobre as atitudes do entrevistado. A entrevista deve ser evitada para obter dados de valores incertos ou para obter informações precisas, cuja validade dependeria de pesquisa ou de observações controladas, tais como datas, relações numéricas, e outros (CERVO e BERVIAN, 2002).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição da área

4.1.1- Localização geográfica

A Bacia do Ribeirão dos Marins está inserida na bacia do Rio Piracicaba, no Município de Piracicaba – SP; localizando-se entre as coordenadas geográficas 22° 47' e 22° 51' de latitude Sul e 47° 40' e 47° 45' de longitude Oeste. Possui área total de 59,07 Km². A seção de estudo compreende uma área de drenagem de aproximadamente 22 Km², tendo como ponto de referência para a seção o posto hidrosedimentométrico, denominado de Monjolinho, instalado pelo DAEE em 1999. A bacia estudada será chamada de Bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho.

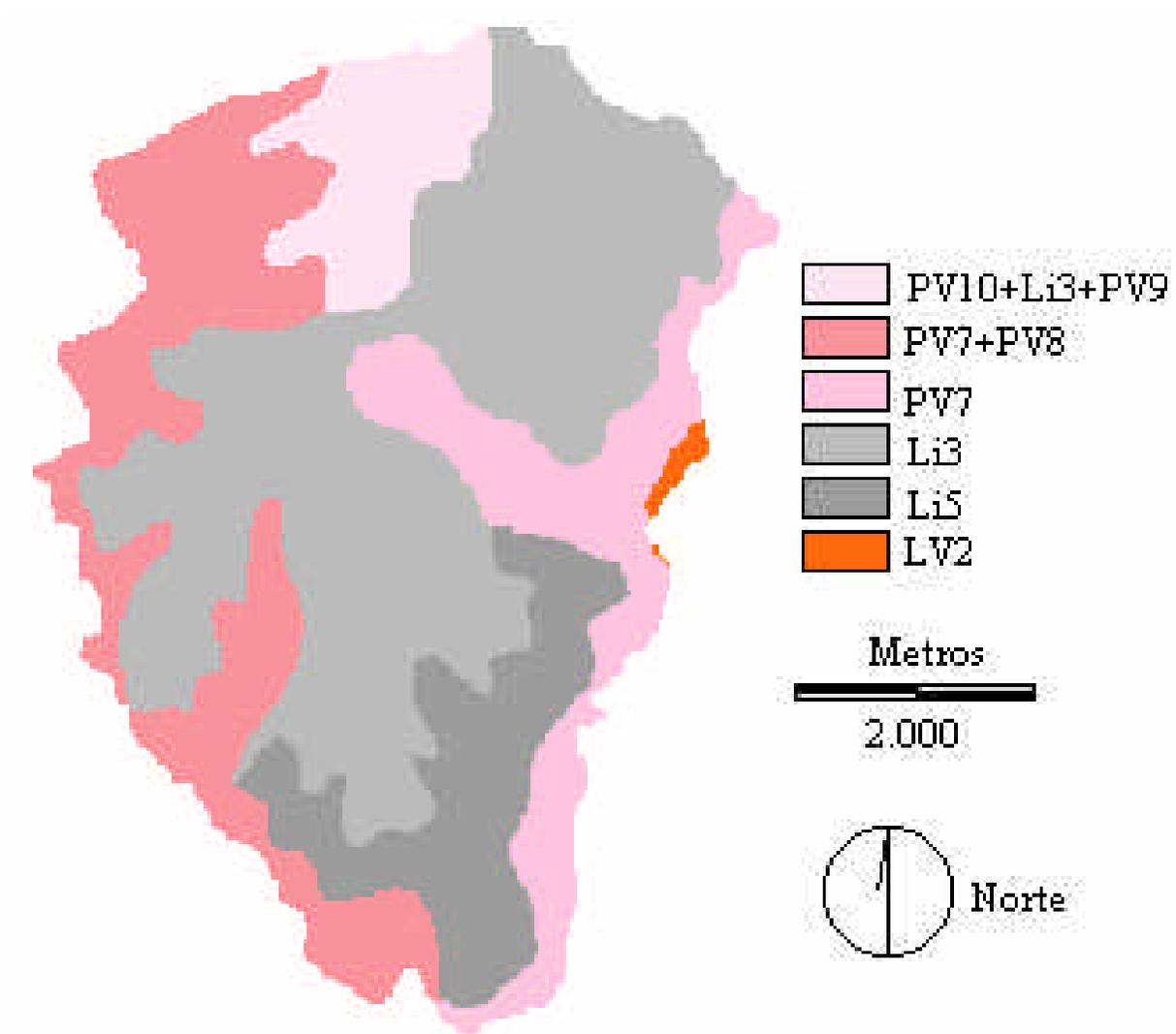
4.1.2- Caracterização climática

O clima segundo Köppen é do tipo Cwa, subtropical seco no inverno e com verão chuvosos. A temperatura média anual atinge 20.5°C, com média máxima de 29.5°C e de média mínima 15.6°C. As temperaturas elevadas ocorrem no período, de dezembro a março, com valores médios superiores a 22° C, enquanto que as mais baixas no bimestre de junho-julho com temperaturas médias de 17°C.

4.1.3 – Solos

A carta de solos foi obtida do levantamento pedológico da Folha de Piracicaba, quadrícula de Piracicaba na escala 1:100.000 (OLIVEIRA, 1999). Os tipos de solo foram digitalizados e georreferenciados no AUTOCAD 2000 e posteriormente inseridos no programa IDRISI 32 para determinação do limite e das áreas de ocorrência, gerando a carta de solos (figura 1).

Os solos Litólicos distribuem-se na maior parte da área da bacia Ribeirão dos Marins - Monjolinho, correspondendo a aproximadamente a 57% da área total, seguido pelos Podzólicos com 42,5% e por último com 0,5% da área total o Latossolo. O símbolo, a classificação taxonômica, a unidade de mapeamento e as áreas de ocorrência podem ser observados na tabela 3.



Fonte: OLIVEIRA (1999)

Figura 1 – Solos Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho. Folha de Piracicaba, escala 1:100.000

Tabela 3 – Classificação Taxonômica dos solos e áreas de ocorrência na Bacia do Ribeirão Marins - Monjolinho.

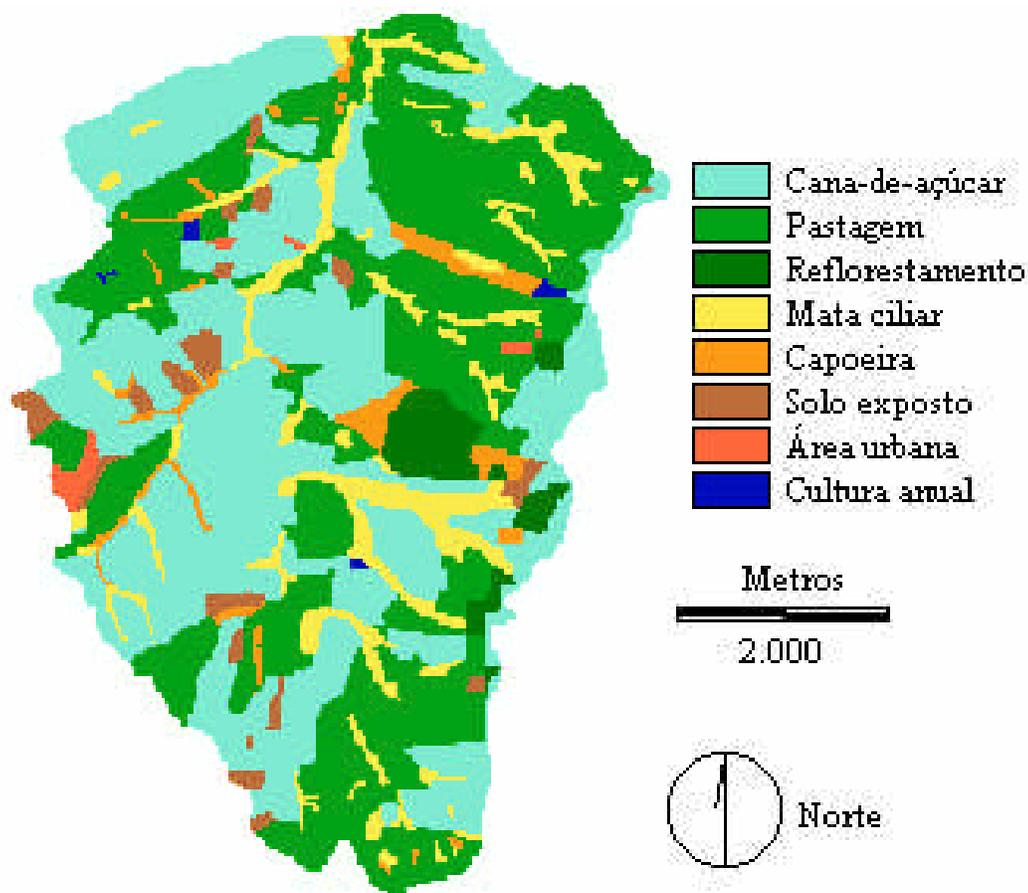
Símbolo	Classificação Taxonômica	Unidade taxonômica	Área total (Km²)	Área total (%)
PV10+Li3+PV9	Grupamento indiscriminado de PODZÓLICO VERMELHO - AMARELO EUTRÓFICOS, A moderado, textura média argilosa pouco profunda;	Manduca	1,7	7,7
PV7 + PV8	Grupamento indiscriminado de PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO abruptos, A moderado e espesso, textura arenosa/média;	Serrinha e Serrinha pouco profundo	4,7	21,4
PV7	Grupamento indiscriminado de PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO abruptos, A moderado e espesso, textura arenosa/média;	Serrinha	2,9	13,2
Li3	SOLO LITÓLICO EUTROFICO OU DISTROFICO, A moderado, proeminente ou chernozênico, substrato sedimentos indiscriminados do grupo Passa Dois;	Passa Dois	9,8	44,6
Li5	SOLO LITÓLICO EUTROFICO, A moderado ou 40 Chernozênico, substrato arenitos das Formações Botucatu ou Piramboia	Tubarão	2,8	12,7
LV2	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ALICO, A moderado, textura média;	Laranja Azeda	0,1	0,5

Fonte: OLIVEIRA (1999)

De acordo com o novo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SBCS), os solos PODZÓLICOS passaram a se chamar ARGISSOLOS, os LITÓLICOS para NEOSSOLOS LITÓLICOS, os LATOSSOLOS continuam como LATOSSOLOS. Neste trabalho foi utilizada a classificação antiga, devido ao seu maior detalhamento.

4.1.4 – Uso e Ocupação do Solo

A carta de uso e ocupação do solo foi obtida a partir do trabalho de MORETTI (2001) em escala 1:10.000 (figura 2). A distribuição das áreas de ocorrência do uso e ocupação do solo na bacia pode ser observada na tabela 4. As culturais anuais representaram área inferior a 0,1 % do total da bacia.



Fonte: MORETTI (2001)

Figura 2 – Uso e Ocupação da Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho

Tabela 4 - Distribuição do uso e ocupação do solo na bacia Ribeirão dos Marins - Monjolinho

Uso	Área de uso e ocupação da bacia (Km ²)	Área de uso e ocupação em relação a área da bacia (%)
Cana-de-açúcar	9,4	42,7
Pastagem	8,3	37,7
Reflorestamento	0,7	3,2
Mata ciliar	2,1	9,5
Capoeira	0,7	3,2
Solo exposto	0,6	2,7
Área Urbana	0,2	0,9
Culturas anuais	-	-

Fonte: MORETTI (2001)

4.2. Modelo Digital de Elevação (MDE)

O Modelo Digital de Elevação foi obtido a partir da digitalização das cartas planialtimétricas do Instituto Geográfico e Cartográfico – IGC na escala 1:10.000, com equidistância das curvas de nível de 5 metros (Plano Cartográfico do Estado de São Paulo), e digitalizadas no AUTOCAD 2000 (AUTODESK, 2000). As cartas utilizadas foram: Bairro Volta Grande (073/088); Sete Barrocas (074/088); Mato Alto (075/088). O MDE foi obtido no SURFER 6.0 (GOLDEN SOFTWARE, 1995), por meio de da interpolação dos arquivos digitais (método da curvatura mínima), e exportado para o programa IDRISI for Windows 32. As coordenadas em UTM, adotadas para o IDRISI foram: X mínimo: 218.400m e X máximo: 223.710m; Y mínimo: 7470.000m e Y máximo: 7478.600m, com resolução de 30 metros, resultando em 178 colunas e 241 linhas.

4.3. Determinação das Áreas de Alto Risco Potencial para Formação de Cargas Difusa - MÉTODO I

4.3.1. Potencial Natural de Erosão (PNE)

Para a determinação do PNE foram utilizadas as cartas de solo e do MDE.

4.3.1.1. Erosividade da chuva (fator R)

O fator R foi calculado por meio de do programa “SISTEMA PARA CÁLCULO DA EROSIVIDADE DA CHUVA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO”, (LOMBARDI NETO et al., 1999), utilizando a localização da bacia.

4.3.1.2. Erodibilidade dos solos (fator K)

A erodibilidade dos solos da Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho foi estimada utilizando o modelo estabelecido por DENARDIM (1990) modificado por LEVY (1995). A equação representativa é:

$$K = 7,48 * M + 4,48059 * 10^{-3} \text{ permeabilidade} - 6,31175 * 10^{-2} * DMP + 1,039567 * 10^{-2} * R$$

Onde:

M= novo silte x (novo silte+areia nova)

Novo silte = silte+areia fina (em %)

Nova areia – areia grossa (em %)

Permeabilidade: valor da permeabilidade, 1 = muito rápida; 2= rápida; 3= moderada; 4= lenta; 5= muito lenta; 6= imperfeitamente drenado.

DMP: diâmetro médio ponderado das partículas de solo.

$DMP = [(0,65*AG) + (0,15*AF) + (0,0117*silte) + (0,00024*Arg)] / 100$

AG = teor de areia grossa, em %; AF = teor de areia fina, em %; Silte = teor de silte, em %;

Arg = teor de argila, em %.

$R = NA*MO/100$

NA = nova areia (teor de areia grossa, em %)

MO = 1,73*carbono, em %

Carbono = teor de carbono em %

4.3.1.3. Comprimento e grau de declive (fator LS)

O comprimento de rampa (Fator L), foi calculado segundo metodologia estabelecida por ROCHA et al. (1995). Aonde duas cartas de declividade foram geradas: uma em graus e outra em porcentagem, utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE). Na carta de declividade em porcentagem foram consideradas 6 classes com intervalos pré-definidos (tabela 5).

Para determinação do fator LS também foi necessária a carta de orientação, calculada pelo MDE. A carta de orientação (graus) foi classificada em 8 classes com intervalos de 45° entre 0 a 360° (0 - 45°; 45°- 90°; 90°- 135°; 135°- 180°; 180°- 225°; 225°- 270°; 270°- 315°; 315°- 360°).

As cartas de orientação e declividade combinadas geraram a carta de rampas, na qual os polígonos foram agrupados, para que cada um representasse a combinação de uma classe de declividade com uma classe de orientação. A partir desta carta de rampas foram extraídos dados de diferença de altura entre o MDE e o ângulo médio da carta de declividade em graus. A partir das cartas de rampas, altura de rampas e ângulo médio de cada rampa, calculou-se o comprimento de rampa pela fórmula:

$$L = DH / \text{sen } a$$

Onde:

L = comprimento de rampa

DH = diferença de altura da rampa e,

a = ângulo médio da rampa

Em seguida foi calculado o comprimento de rampa, por meio de da equação desenvolvida por BERTONI e LOMBARDI NETO (1990):

$$LS = 0.009848 * L^{0,63} * S^{1,18}$$

Onde: L = comprimento de rampa, em m

S = declividade, em porcentagem (%)

Tabela 5 – Classes de declive e comprimentos de rampa

Classes de declive (%)
0 – 3
3 – 6
6 – 12
12 – 20
20 – 40
40 – 75

Fonte: ROCHA et al. (1995)

4.3.1.4. Potencial Natural de Erosão (PNE)

O Potencial Natural de Erosão (PNE) foi calculado a partir do cruzamento das informações das cartas de: erosividade da chuva, erodibilidade dos solos, e comprimento de rampa. O PNE foi classificado em 5 classes: nulo, fraco, moderado, moderado a forte e forte, de acordo com PEREIRA (1994) (tabela 6).

Tabela 6 – Classes do Potencial Natural de Erosão

P.N.E.	Faixa (t/ha)	Classe
1	0-0,5	Nulo
2	0,5-400	Fraco
3	400-800	Moderado
4	800-1600	Moderado a forte
5	>1600	Forte

Fonte: PEREIRA (1994)

4.3.2. Aptidão Agrícola das Terras

A aptidão agrícola das terras para a bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho teve como base à carta de solos na escala 1:100.000 OLIVEIRA (1999), a carta de declividade em porcentagem e o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, segundo o método de RAMALHO FILHO e BEEK (1995).

As classes de solos foram classificadas, utilizando apenas o primeiro solo predominante de cada associação e agrupando-os de acordo com seus grupos pedológicos. As classes de declive adotadas foram 6 intervalos definidos de acordo com RAMALHO FILHO e BEEK (1995), o mesmo utilizado para o grau de limitação de susceptibilidade à erosão.

Após a reclassificação das imagens de declive e de solo fez-se um cruzamento entre os mesmos, para obtenção de uma relação de unidades de solo por classes de declive. A partir deste cruzamento, iniciou-se a avaliação da aptidão agrícola das terras por meio da análise de cada unidade de solo em cada tipo de relevo e de acordo com os graus de limitação, estabelecidos por RAMALHO FILHO e BEEK (1995).

A bacia caracteriza-se por um grau de manejo relativamente elevado, utilizando mecanização, fertilizantes, combate a pragas e doenças, e algumas práticas conservacionistas. O que determinou a utilização do nível de manejo C para as áreas com a cultura de cana-de-açúcar, e manejo B para as áreas com pastagem.

4.3.2.1. Graus de Limitação

RAMALHO FILHO e BEEK (1995), determinaram cinco fatores de limitação: deficiência de fertilidade; deficiência de água; excesso de água ou deficiência de oxigênio; susceptibilidade à erosão; impedimentos à mecanização.

a) Deficiência de fertilidade

O grau de limitação de deficiência de fertilidade foi analisado em função da saturação de bases (V %) e da capacidade de troca catiônica (CTC), conforme metodologia sugerida por BRANDÃO (2001), e extraídos do levantamento de solos de OLIVEIRA e BERG (1985), (Tabela 7).

Tabela 7 - Deficiência de fertilidade

CTC	Variação de V %			
	50-100	25-50	10-25	0-10
>5	Nulo	Ligeiro	Forte	Muito Forte
3-5	Ligeiro	Moderado	Forte	Muito Forte
<3	Moderado	Moderado	Muito Forte	Muito Forte

Fonte: OLIVEIRA e BERG (1985)

b) Deficiência de água

Para estabelecer os graus de deficiência de água (tabela 8), foram utilizados indicadores de solo e clima com os seguintes parâmetros: tipo de solo, profundidade efetiva (cm), textura do horizonte B, regime hídrico e regime térmico. O clima da região é subtropical. A vegetação primitiva da área e seus diferentes graus de deciduidade são utilizados para suprir a carência de dados sobre o regime hídrico das terras (tabela 9).

Tabela 8 – Deficiência de água

Classe	Grau de limitação	Símbolo
1	Nulo	N
2	Nulo/Ligeiro	N/L
3	Ligeiro	L
4	Moderado	M
5	Forte	F
6	Muito Forte	MF

Fonte: RAMALHO FILHO e BEEK (1995)

Tabela 9 – Vegetação primitiva dos solos na bacia Ribeirão dos Marins - Monjolinho

Solo	Grupos pedológicos	Vegetação primitiva
PV10	Manduca	Mata tropical subperenifólia
PV7	Serrinha	Mata tropical subperenifólia
Li3	Tubarão/Pirambóia	Mata tropical subcaducifólia
Li5	Passa Dois	Mata tropical subcaducifólia
LV2	Laranja Azeda	Cerradão / Cerrado

Fonte: OLIVEIRA (1999)

c) Excesso de água

O excesso de água, ou deficiência de oxigênio, foi obtido a partir da avaliação da drenagem de solos (tabela 10).

Tabela 10 – Excesso de água

Classe	Grau de limitação	Símbolo
1	Nulo	N
2	Ligeiro	L
3	Moderado	M
4	Forte	F
5	Muito Forte	MF

Fonte: RAMALHO FILHO e BEEK (1995)

d) Susceptibilidade à erosão

A susceptibilidade à erosão foi determinada a partir dos indicadores de relevo e solo, com os parâmetros do tipo de solo, profundidade efetiva, textura do horizonte B, erodibilidade e declividade (tabela 11).

Tabela 11 –Susceptibilidade à erosão

Classe	Nível de declive	Grau de limitação	Símbolo
1	0-3	Nulo	N
2	3-8	Ligeiro	L
3	8-13	Moderado	M
4	13-20	Forte	F
5	20-45	Muito Forte	MF
6	>45	Extremamente forte	EF

Fonte: RAMALHO FILHO e BEEK (1995)

e) Impedimentos a mecanização

Os impedimentos à mecanização foram determinados a partir do tipo de solo e da declividade com intervalos definidos diferentes da susceptibilidade a erosão (tabela 12).

Tabela 12 –Impedimentos à mecanização

Classe	Nível de declive	Grau de limitação	Símbolo
1	0-3	Nulo	N
2	3-8	Ligeiro	L
3	8-20	Moderado	M
4	20-45	Forte	F
5	> 45	Muito Forte	MF

Fonte: RAMALHO FILHO e BEEK (1995)

A carta de aptidão agrícola foi gerada a partir do cruzamento da carta de solo com a carta de declividade em porcentagem, originando um quadro guia, também conhecido como quadro de conversão, que constitui uma orientação geral para a classificação da aptidão

agrícola das terras, em função dos seus graus de limitação estarem relacionados aos fatores limitantes, para os níveis de manejo A, B e C. Neste quadro constam os graus de limitação máximos que as terras podem apresentar, com relação a cinco fatores, para pertencerem a cada uma das categorias de classificação da aptidão agrícola. Dessa maneira as classes de aptidão agrícola são obtidas em função do grau limitativo mais forte. O quadro guia serve de orientação geral, uma vez que a avaliação pode variar de acordo com peculiaridades locais, qualidade e diversidade dos dados, assim como o nível de detalhe do estudo, (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

4.3.2.1.1. Plano de Adequação de Uso das terras.

O plano de adequação foi obtido por meio do cruzamento da carta de aptidão agrícola com a carta de uso e ocupação. Para isso foi necessário classificar a carta de uso e ocupação em 4 classes, de acordo com RAMALHO FILHO e BEEK (1995); 1) classe de lavoura (cana-de-açúcar, cultura, solo exposto); 2) classe de pastagem plantada (pastagem); 3) classe de silvicultura e/ou pastagem natural (reflorestamento); 4) preservação da flora e da fauna (mata ciliar e capoeira), área urbana não foi classificada. As classes podem ser observadas na tabela 13.

Tabela 13 – Classes de uso da terra classificada, segundo Ramalho Filho e Beek (1985)

Classe	Uso
1	Lavoura
2	Pastagem plantada
3	Silvicultura e/ou Pastagem natural
4	Preservação da flora e da fauna

Fonte: RAMALHO FILHO e BEEK (1995)

Baseado na classificação da tabela 13 obteve-se o uso “versus” a oferta ambiental dos diferentes agroecossistemas da bacia, a partir do qual foi feita uma avaliação quantitativa de acordo com PEREIRA (1994):

- Classe com uso adequado-equilíbrio entre o uso atual e o potencial natural das terras;

- Classe com uso sub-utilizado – terras com o uso atual aquém da oferta ambiental;
- Classe com uso sobre-utilizado - terras com o uso atual acima da oferta ambiental, inclusive áreas urbanas;

4.3.3. Plano de avaliação dos procedimentos agrícolas

A formação desse plano de avaliação foi estabelecida a partir de entrevistas com os produtores locais. Os procedimentos agrícolas foram avaliados, para a cultura de cana-de-açúcar e para a pastagem as quais representam aproximadamente 80 % do manejo total existente na bacia.

Foram entrevistados 22 produtores rurais de um total de 35 existentes na bacia, sendo que desse total 36,4% possuem somente pastagem, 13,6% somente cana-de-açúcar e 50% possuem os dois manejos, isto é, cana-de-açúcar e pastagem.

A entrevista teve como objetivo realizar um levantamento qualitativo dos procedimentos agrícolas adotados pelos produtores, avaliando o impacto das atividades agrícolas na qualidade de água da bacia.

Por meio da análise de procedimentos agrícolas pode-se avaliar se existem, atualmente, riscos de degradação nos recursos hídricos ou se poderão existir futuramente (BRANDÃO, 2001).

A entrevista foi direta e pessoal e os principais tópicos abordados foram: assistência técnica; existência de erosão na propriedade e métodos de controle; análise de solo; área de vegetação nativa; proteção de nascentes e corpos d'água; uso de agrotóxicos; manutenção preventiva dos equipamentos e práticas conservacionistas, como curvas de nível (Anexo 1).

4.3.4. Potencial de risco de formação de cargas difusas

O risco potencial de formação de cargas difusas foi baseado na metodologia proposta por BRANDÃO (2001). Teve como base às informações obtidas no PNE, na carta de

adequação do uso das terras e na carta dos procedimentos agrícolas. Esses planos foram analisados individualmente para posterior combinação das áreas de risco na bacia.

Cada plano foi classificado de acordo a metodologia proposta por BRANDÃO (2001):

- Potencial Natural de Erosão - as áreas que não possuíam potencial de erosão ou que apresentaram um fraco potencial foram caracterizadas como áreas de baixo risco; as áreas com moderado potencial como médio risco de degradação, e as áreas classificadas como moderado a forte e forte foram consideradas como alto risco de degradação, originando três classes: Baixo, Médio e Alto Risco.

- Adequação de Uso das Terras - as áreas caracterizadas como adequadas e sub-utilizadas foram classificadas como áreas de baixo risco de degradação e as áreas sobre-utilizadas como áreas de alto risco, gerando duas classes: Baixo e Alto Risco.

- Plano de avaliação dos procedimentos agrícolas – foi avaliado a partir das entrevistas com os produtores e caracterizado como de baixo ou alto risco na formação de cargas difusas, gerando duas classes: Baixo e Alto Risco.

4.3.5. Carta das áreas de alto risco potencial para formação de carga difusa na bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho

As áreas de alto risco de formação de carga difusa foram definidas a partir da carta de risco potencial para formação de cargas difusas, onde as áreas de médio, médio-alto e alto risco foram isoladas, gerando a carta de alto risco potencial para formação de cargas difusas. Posteriormente cruzada com a carta de uso do solo, para obtenção da carta do uso atual nas áreas de alto risco.

4.4. Carta de Áreas Susceptíveis à Erosão - MÉTODO II

4.4.1 Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), na bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho

O cálculo da Equação Universal de Perda de Solo utilizou os mesmos fatores determinados para o cálculo do PNE (Fator R, Fator K e o Fator LS).

4.4.1.1. Uso e Manejo (Fator C)

O fator C é a relação entre valores de perdas de solo em terreno cultivado em certas condições e as perdas correspondentes de um terreno que está descoberto e cultivado (CARVALHO, 1994 citado por MORETTI, 2001). O fator C varia de acordo com a cobertura vegetal e o seu estágio de desenvolvimento, BERTONI E LOMBARDI NETO (1990). A tabela 14 mostra o fator C para a bacia em estudo.

Tabela 14 – Fator C para a bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho

Uso do solo	Fator C
Cana-de-açúcar	0,1124
Pastagem	0,0100
Reflorestamento	0,0470
Mata ciliar	0,0008
Capoeira	0,0180
Solo exposto	0,1124
Área Urbana	0,3000
Culturas anuais	0,0827

Fonte: MORETTI (2001)

4.4.1.2. Práticas Conservacionistas (Fator P)

O Fator P da equação de perdas de solo é a relação entre a intensidade esperada de tais perdas de solo com determinada prática conservacionista, e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive (morro abaixo), BERTONI E LOMBARDI NETO (1990). A tabela 15 mostra os valores de P para algumas práticas conservacionistas.

Tabela 15 – Fator P para algumas práticas conservacionistas

Práticas conservacionistas	Valor de P
Plantio morro abaixo	1,0
Plantio em contorno	0,5
Alternância de capinas + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2

Fonte: BERTONI E LOMBARDI NETO (1990)

4.4.1.3.1. Cenários para avaliação da Equação Universal de Perda de Solo

Os cenários propostos têm por objetivo comparar as perdas de solo entre três situações:

- **Cenário 1** - Fator P variando de acordo com as práticas conservacionistas atuais observadas em campo;
- **Cenário 2** – Fator P igual a 1,0 considerando que a área não possui nenhuma prática conservacionista - plantio morro abaixo;
- **Cenário 3** – Fator P igual a 0,2 considerando práticas conservacionistas - Cordões de vegetação permanente;

A quantificação da taxa de perda de solo em t/ha/ano para cada cenário foi feita considerando 7 intervalos definidos (tabela 16). Também foi estimada a perda de solo em tonelada por célula/ano e a altura média, em milímetros (mm), de perdas de solo por célula/ano para os três cenários (tabela 17).

Tabela 16 - Classes de intervalos para perdas de solo em t/ha/ano

Taxa de perdas de solo (t/ha/ano)
0-1
1-2
2-5
5-10
10-20
20-50
>50

Tabela 17 – classes de intervalos para perdas de solo em t/célula/ano e em mm/célula/ano

Taxa de perdas de solo (t/ célula/ ano)	Taxa de perdas de solo (mm/ célula/ ano)
0-0,1	0-0,01
0,1-0,2	0,01-0,02
0,2-0,5	0,02-0,05
0,5-1,0	0,05-0,1
1,0-2,0	0,1-0,2
2,0-5,0	0,2-0,5
5,0-8,0	0,5-0,8
> 8,0	> 0,8

4.4.1.3. Avaliação de áreas susceptíveis a perda de solo

A tolerância de perda de solo reflete a perda máxima admitida, considerando um grau de conservação, que mantenha uma produção econômica em futuro previsível utilizando meios técnicos atuais (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990). Essa tolerância de perda depende das propriedades do solo, profundidade, topografia e erosão passadas. A tolerância de perdas, para alguns solos do Estado de São Paulo estão descritas na tabela 18.

As áreas susceptíveis à perda de solo foram calculadas para os três cenários. Posteriormente a carta do cenário 1, ou seja, P=atual, foi cruzada com a carta de uso do solo, obtendo assim o uso atual nas áreas críticas.

Tabela 18 – Limites de tolerância de perdas por erosão para alguns solos do Estado de São Paulo

Solos	Tolerância de perdas de solo	
	Amplitudes observadas	Média ponderada em relação à profundidade
COM B TEXTURAL	t/ha	t/ha
Podzólico vermelho-amarelo, orto	5,2 - 7,6	6,6
Podzólico vermelho-amarelo, v. Piracicaba	3,4 - 11,2	7,9
Podzólico vermelho-amarelo, v.laras	6,9 - 13,4	9,1
Podzólico com cascalho	2,1 - 6,6	5,7
Podzolizado Lins e Marília, v. Lins	3,8 - 5,5	4,5
Podzolizado Lins e Marília, v. Marília	3,0 - 8,0	6,0
Mediterrâneo vermelho-amarelo	9,8 - 12,9	12,1
Terra roxa Estruturada	11,6 - 13,6	13,4
COM B LATOSSÓLICO		
Latossolo Roxo	10,9 - 12,5	12,0
Latossolo vermelho-escuro, orto	11,5 - 13,3	12,3
Latossolo vermelho-escuro, f.arenosa	13,4 - 15,7	15,0
Latossolo vermelho-escuro, orto	12,5 - 12,8	12,6
Latossolo vermelho-escuro, f. rasa	4,3 - 12,1	9,8
Latossolo vermelho-escuro, f.arenosa	13,6 - 15,3	14,2
Latossolo vermelho-escuro, f. terraço	11,1 - 14,0	12,6
Latossolo vermelho-escuro, húmico	10,9 - 11,5	11,2
Solos Campos do Jordão	4,6 - 11,3	9,6
SOLOS POUCOS DESENVOLVIDOS		
Litossolo	1,9 - 7,3	4,2
Regossolo	9,7 - 16,5	14,0

Fonte: BERTONI E LOMBARDI NETO (1990)

4.5. Avaliação das metodologias propostas

A avaliação dos métodos propostos permitirá a avaliação das áreas comuns entre as duas metodologias: Áreas de Alto Risco Potencial para Formação de Carga Difusa - Método I e a Carta de Áreas Susceptíveis à erosão - Método II

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Carta Hipsométrica

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi classificado em intervalos de 25m para melhor observação das altitudes na bacia, originando a carta hipsométrica, na qual pode-se observar que aproximadamente 83% da área estão entre as altitudes de 500 a 575m não apresentando muitas variações em termos de cotas altimétricas. A figura 3 mostra essas variações de altitudes na bacia.

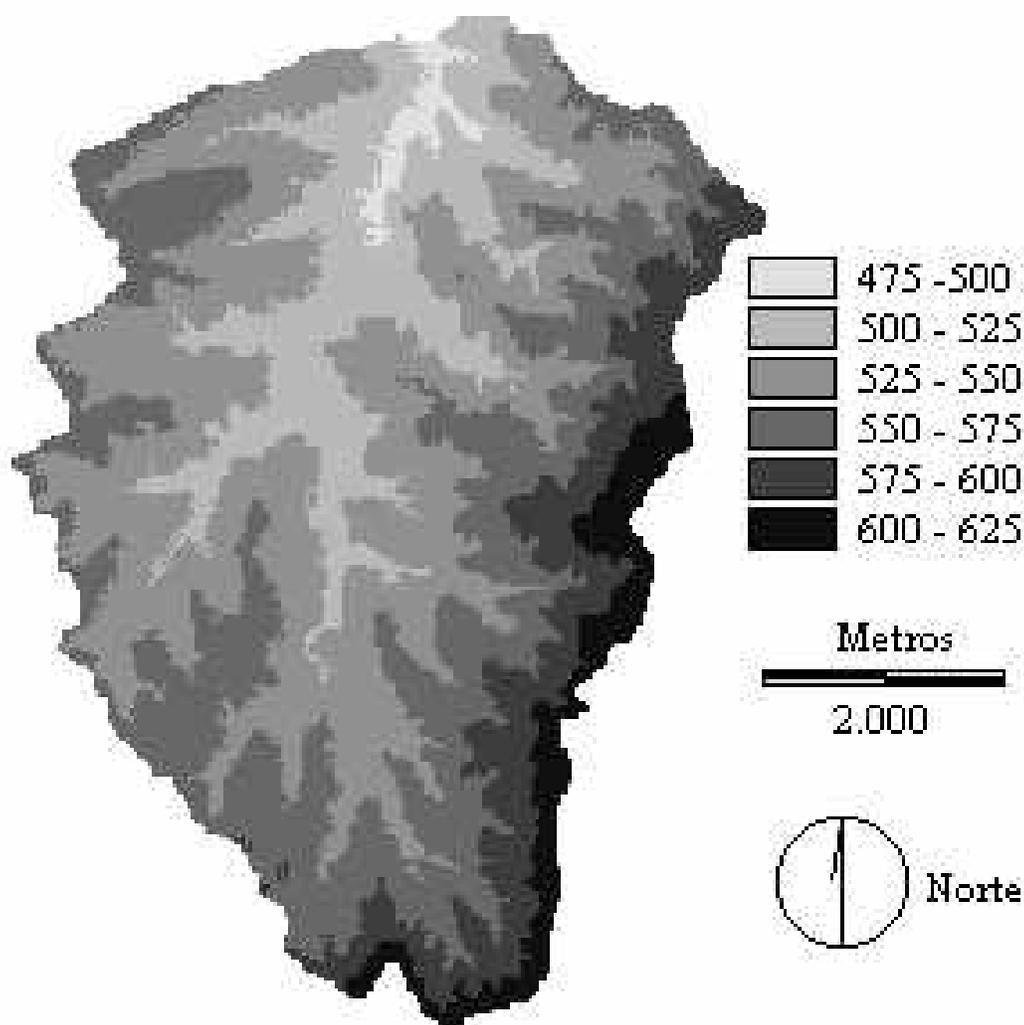


Figura 3 – Carta Hipsométrica

5.2. Determinação das Áreas de Alto Risco Potencial para Formação de Cargas Difusas - MÉTODO I

5.2.1. Avaliação do Potencial Natural de Erosão

5.2.1.1. Fator R

Para o fator R, erosividade da chuva, foi utilizado o valor de 6825 MJ mm/ha h de acordo com LOMBARDI NETO et al. (1999), para a região de Piracicaba.

5.2.1.2. Fator K

A erodibilidade dos solos na bacia variou de 0,0381 a 0,0517 T.h.MJ⁻¹.mm⁻¹. A tabela 19, mostra os valores de K correspondentes a cada solo da bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho.

Tabela 19 - Erodibilidade dos solos, Bacia Ribeirão Marins – Monjolinho

SOLO	Valor de K (T.h.MJ⁻¹.mm⁻¹)
PV10+Li3+PV9	0,0381
PV7 + PV8	0,0516
PV7	0,0517
Li3	0,0431
Li5	0,0476
LV2	0,0405

5.2.1.3. Fator LS

O fator topográfico (Fator LS) apresentou uma variação de amplitude que foi de 0 a 5. A maior concentração dos valores ficou entre 0 e 1, respondendo por 86,4%, o restante das amplitudes somaram 13,6%. No intervalo maior do que 4 a área foi inferior a 0,1 km². A tabela 20 mostra a concentração dos intervalos das classes.

Tabela 20 - Classes do fator LS na Bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho

Classes	Intervalos	Área Km²	%
1	0 – 1	19,0	86,4
2	1 – 2	2,4	10,9
3	2 – 3	0,5	2,3
4	3 – 4	0,1	0,4
5	> 4	-	-

5.2.1.4. Potencial Natural de Erosão (PNE)

O potencial natural de erosão da Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho apresentou: 20,5% da área sem potencial natural de erosão; 70,9% com potencial fraco; 7,7% potencial moderado; 0,9% com potencial moderado a forte (tabela 21). O potencial forte não obteve nenhuma área correspondente. A figura 4 mostra a distribuição das classes do PNE dentro da bacia.

Tabela 21 – Classes do PNE e área de ocorrência na Bacia Ribeirão dos Marins – Monjolinho

Classes	Área de ocorrência	
	Km²	%
Nulo	4,5	20,5
Fraco	15,6	70,9
Moderado	1,7	7,7
Moderado a Forte	0,2	0,9
Forte	-	-

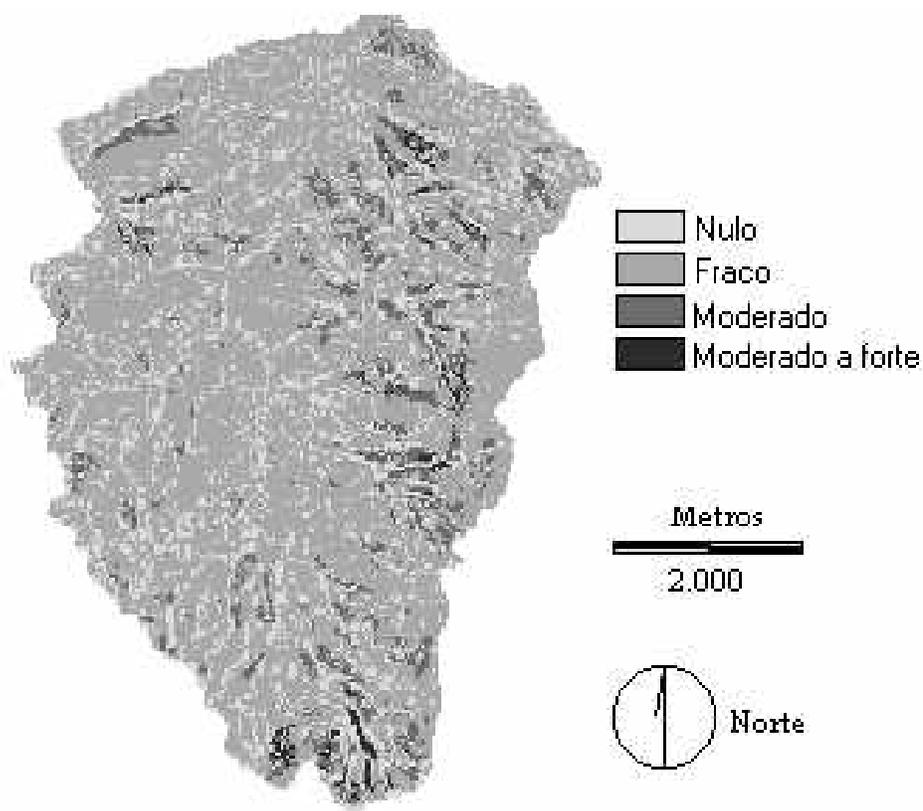


Figura 4 – Potencial Natural de Erosão (PNE)

5.2.2. Avaliação das Terras

Para a avaliação da aptidão agrícola foi necessário fazer a reclassificação dos solos da bacia, passando de 6 para 5 classes, em função dos Grupos Pedológicos. Assim, a Unidade Tubarão/Pirambóia (LI3) foi a mais representativa na área com 44,6%, seguida pela Unidade Serrinha (PV7) com 34,5% depois a Unidade Passa Dois (LI5) com 12,7% da área, a Unidade Manduca (PV10) representou 7,7%, e por último a Unidade Laranja Azeda (LV2), com 0,5% do total da área (tabela 22).

Tabela 22 – Solos classificados para aptidão agrícola na Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho

Classes	Solo	Grupos pedológicos	Área (Km2)	Área (%)
1	PV10	Manduca	1,7	7,7
2	PV7	Serrinha	7,6	34,5
3	Li3	Tubarão/Pirambóia	9,8	44,6
4	Li5	Passa Dois	2,8	12,7
5	LV2	Laranja Azeda	0,1	0,5

5.2.2.1. Graus de limitação

O Sistema de Aptidão Agrícola das Terras avalia a qualidade das terras a partir de cinco fatores condicionantes: fertilidade, água, oxigênio, erosão, mecanização. Os resultados obtidos foram comparados com o quadro-guia para região subtropical, existente na metodologia de RAMALHO FILHO e BEEK (1995), obtendo-se a classificação da aptidão agrícola das terras (tabela 23).

a) Deficiência de fertilidade

O grau de limitação de deficiência de fertilidade apresentou-se como moderado, para os solos: Podzólico Vermelho Amarelo e para o Latossolo Vermelho Amarelo. Segundo RAMALHO FILHO e BEEK (1995), na classe moderada se enquadram as terras que permitem bons rendimentos, nos dois primeiros anos e que posteriormente apresentará um declínio na produtividade. Tornando-se necessária a aplicação de fertilizantes e corretivos. O grau de limitação de deficiência para os outros solos foi nulo, isto é, sem problemas em relação à fertilidade.

b) Deficiência de água

Para o grau de limitação de deficiência de água, os solos Litólicos juntamente com o Latossolo, apresentaram um ligeiro grau de limitação, o que define terras que possuem deficiência de água pouco acentuada, durante um período de 3 a 5 meses por ano. Os solos Podzólicos se enquadraram no grau de limitação nula a ligeira indicando que os balanços hídricos possuem pequenos déficits hídricos ao longo do ano, limitando o uso de culturas mais sensíveis (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

c) Excesso de água ou deficiência de oxigênio

O grau de limitação por excesso de água ou deficiência de oxigênio foi nulo para todas as classes de solo. Isso ocorre para os Latossolos e solos Litólicos por possuírem classe de drenagem boa à acentuada e para os Podzólicos por apresentarem classe de drenagem moderada (OLIVEIRA, 1999).

d) Susceptibilidade à erosão

Esse grau de limitação está diretamente ligado ao desgaste que a superfície do solo poderá sofrer quando submetida a qualquer uso sem práticas conservacionistas. Depende das condições climáticas, do solo, do relevo (declividade) e da cobertura vegetal. Para o relevo plano (0-3%) o grau de limitação foi considerado nulo. Para as demais declividades os graus de limitação variaram de ligeiro a extremante forte.

e) Impedimentos à mecanização

O grau de limitação por impedimento à mecanização tem como base às condições de drenagem, profundidade e de encharcamento do terreno. O grau de limitação no relevo plano (0-3%) foi considerado nulo, nas demais declividades de (3% a > 45%) os graus de limitação variaram de ligeiro a extremante forte.

Tabela 23 – Graus de limitação e classificação da Aptidão Agrícola das Terras de combinações homogêneas de classes de declividade X tipo de solo da Bacia do Ribeirão Marins – Monjolinho

Estimativa dos graus de limitação das principais condições agrícolas das terras												
Combi nação	Solo	Unidade de Mapeamento	Classe de Declive (%)	Área (Km ²)	Regime Hídrico	Clás. Dren.	Def. de Fert.	Def. de água	Exc. de água	Susc à Eros	Imp. à mec.	Class. da Aptidão Agrícola
1: 1 0		0	0	16,20								
2: 1 1	Podzólico Vermelho-	(PV10) Manduca	0-3	0,34	údicó	Boa	N	N/L	N	N	N	1C
3: 2 1	Amarelo, A moderado,	(PV10) Manduca	3-8	0,65	údicó	Boa				L	L	2c
4: 3 1	Textura média/argilosa,	(PV10) Manduca	8-13	0,56	údicó	Boa				M	M	3(c)
5: 4 1	pouco profundo	(PV10) Manduca	13-20	0,13	údicó	Boa				F	M	3(c)
6: 5 1		(PV10) Manduca	20-45	0,003	údicó	Boa				MF	F	4(p)
7: 1 2	Podzólico Vermelho-	(PV7) Serrinha	0-3	0,89	údicó	Boa	M	N/L	N	N	N	1C
8: 2 2	Amarelo, abrupto, A	(PV7) Serrinha	3-8	2,24	údicó	Boa				L	L	2c
9: 3 2	moderado e espesso,	(PV7) Serrinha	8-13	2,73	údicó	Boa				M	M	3(c)
10: 4 2	textura arenosa média	(PV7) Serrinha	13-20	1,49	údicó	Boa				F	M	4P
11: 5 2		(PV7) Serrinha	20-45	0,19	údicó	Boa				MF	F	4(p)
12: 1 3	Solo Litólico Eutrófico ou	(Li3) Passa Dois	0-3	0,84	údicó	Boa	N	L	N	N	N	1C
13: 2 3	Distrófico, A moderado,	(Li3) Passa Dois	3-8	2,53	údicó	Boa				L	L	2c
14: 3 3	proeminente ou	(Li3) Passa Dois	8-13	3,80	údicó	Boa				M	M	3(c)
15: 4 3	chernozênico	(Li3) Passa Dois	13-20	2,17	údicó	Boa				F	M	3(c)
16: 5 3		(Li3) Passa Dois	20-45	0,49	údicó	Boa				MF	F	4(p)
17: 6 3		(Li3) Passa Dois	> 45	0,0009	údicó	Boa				EF	MF	5N
18: 1 4	Solo Litólico Eutrófico, A	(Li5) Botucatu ou Cartarambóia	0-3	0,13	údicó	Boa	N	L	N	N	N	1C
19: 2 4	moderado ou chernozênico,	(Li5) Botucatu ou Cartarambóia	3-8	0,51	údicó	Boa				L	L	2(c)
20: 3 4		(Li5) Botucatu ou Cartarambóia	8-13	1,04	údicó	Boa				M	M	4P
21: 4 4		(Li5) Botucatu ou Cartarambóia	13-20	0,85	údicó	Boa				F	M	4(p)
22: 5 4		(Li5) Botucatu ou Cartarambóia	20-45	0,30	údicó	Boa				MF	F	5S
23: 1 5	Latossolo Vermelho- Amarelo	(LV2) Laranja	0-3	0,07	údicó	Boa	M	L	N	N	N	1C
24: 2 5	Álico, A moderado, textura média	(LV2) Laranja Azeda	3-8	0,03	údicó	Boa				L	L	1C

5.2.2.2. Aptidão Agrícola das Terras

A aptidão agrícola das terras para a bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho, com diferentes níveis de manejo, pode ser observada na figura 5. Onde os resultados indicam que o nível de manejo C ou uso mais intensivo, cerca de 10% da área apresenta aptidão boa para lavoura (1C); cerca de 27,3% apresentam aptidão regular para lavoura (2c); e 47,2% apresentam aptidão restrita para lavouras (3(c)).

Em relação ao uso menos intensivo, pastagem plantada, a bacia possui 10,7% da área com aptidão boa (4P), 3,2% apresentam aptidão restrita para pastagem plantada (4(p)). Foram ainda mapeados, 1,4% de terras com aptidão boa para silvicultura (5S) e uma porção inferior a 0,1% de terras com boa aptidão para pastagem natural (5N). A tabela 24 apresenta os subgrupos de aptidão com o uso mais intensivo e as áreas de ocorrência.

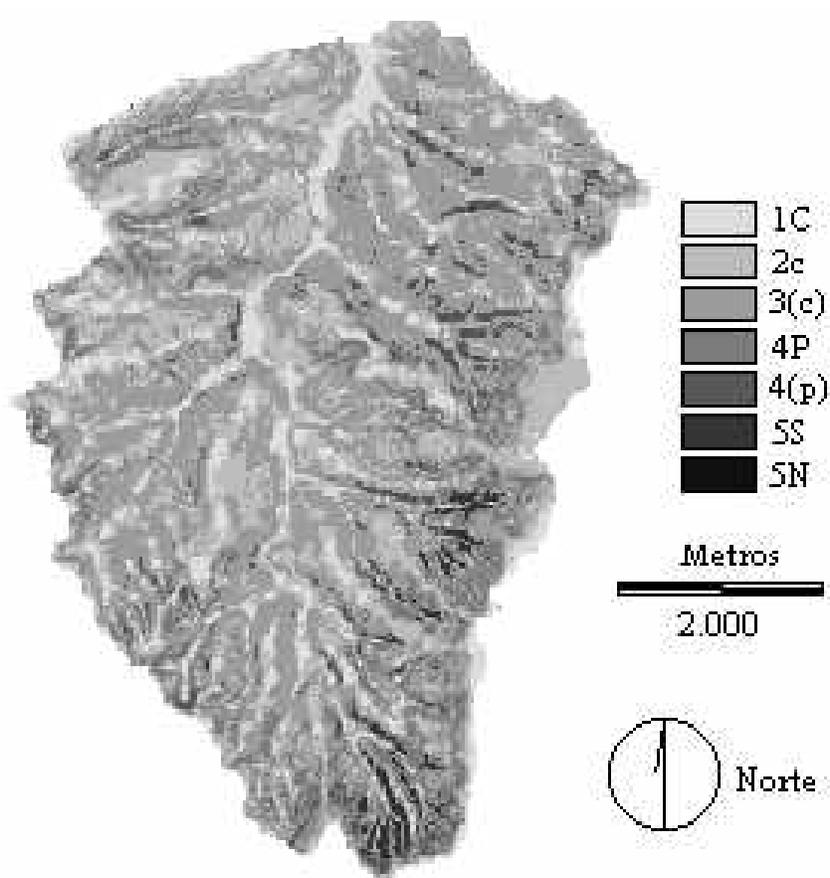


Figura 5 - Aptidão Agrícola das Terras para a Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho

Tabela 24 - Subgrupos de Aptidão Agrícola das Terras da Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho.

Subgrupo de aptidão	Caracterização classes aptidão	Área (Km²)	Área (%)
1C	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras no nível C	2,2	10,0
2c	Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras no nível C	6,0	27,3
3(c)	Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para lavouras no nível C	10,4	47,2
4P	Terras pertencentes à classe de aptidão regular para pastagem plantada	2,4	10,9
4(p)	Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem plantada	0,7	3,2
5S	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para silvicultura	0,3	1,4
5N	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para pastagem natural	-	-

5.2.2.3. Adequação do uso das terras

A classificação das terras segundo sua aptidão agrícola indica o uso agrícola mais intensivo indicado, em função de suas propriedades e características (OLIVEIRA, 2001). Essa classificação representa as terras que estão sendo explorada dentro dos limites impostos pela classificação da aptidão agrícola, para não haver riscos de erosão com conseqüente degradação do solo e dos recursos hídricos.

A figura 6, mostra a Carta de Uso e Ocupação do Solo, classificada segundo RAMALHO FILHO e BEEK (1995): 1) classe de lavoura; 2) classe de pastagem plantada; 3) classe de silvicultura e/ou pastagem natural; 4) classe de preservação permanente. A área urbana não possui classificação nesta carta.

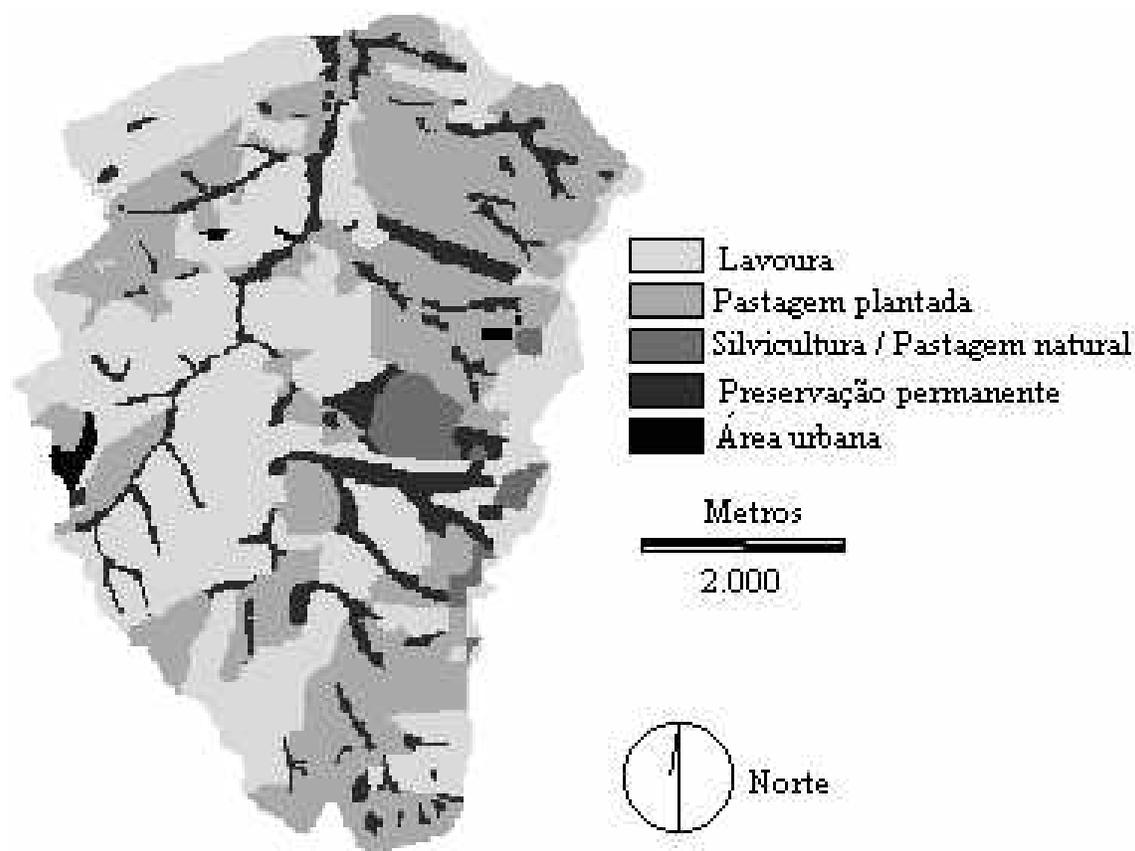


Figura 6 - Uso e Ocupação das Terras classificada, de acordo com RAMALHO FILHO e BEEK (1995).

A carta de adequação do uso das terras da bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho (figura 7), mostra que 10,5 Km² ou 47,7% da área está sendo utilizada adequadamente, tendo equilíbrio entre o uso atual e o potencial das terras, não causando grandes impactos sobre o meio ambiente. Quanto ao uso inadequado, tem-se que 45,9 Km² ou 45,9% da área está sub-utilizada, ou seja, uso atual abaixo da oferta ambiental, essas áreas encontram-se principalmente com uso atual de pastagem. A área sobre-utilizada têm 1,39 Km² ou 6,4% o uso atual destas terras acima da oferta ambiental tem como consequência a degradação do solo e dos recursos hídricos (tabela 25).

Observou-se que 93,6% da área da bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho, possui uso igual ou inferior ao indicado pela aptidão agrícola, no entanto, isso não garante a preservação dos recursos hídricos.

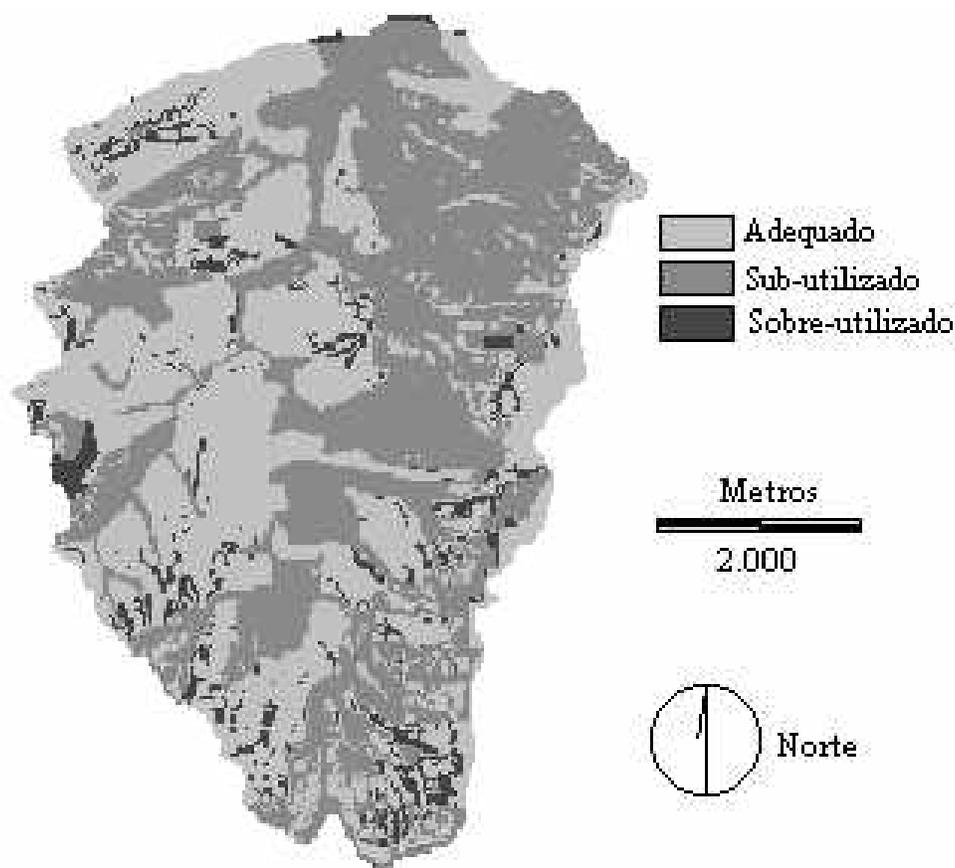


Figura 7 - Adequação do Uso das Terras da Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolino.

Tabela 25 - Situação das Terras da Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolino, baseado nas condições de uso.

Classe	Categoria de uso	Área	
		Km ²	%
1	Adequado	10,5	47,7
2	Sub-utilizado	10,1	45,9
3	Sobre-utilizado	1,4	6,4

5.2.3. Avaliação dos procedimentos agrícolas

A avaliação dos procedimentos agrícolas teve início pela identificação do produtor, nível de escolaridade, etc. (Anexo 1). As informações para determinação da cultura mais impactante para a bacia foram: recebimento de assistência técnica; realização de análise do solo; presença de erosão na propriedade; controle da erosão, quando existente; área de preservação na propriedade; proteção dos mananciais e fontes de água; presença de curvas de

nível na área de produção; utilização de agrotóxicos e a faixa de toxidez; e manutenção dos equipamentos agrícolas. Na tabela 26 podem ser observadas estas informações.

Tabela 26 - Avaliação dos procedimentos agrícolas na Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho

Item avaliado	Cana-de-açúcar		Pastagem	
	Sim (%)	Não (%)	Sim (%)	Não (%)
Assistência Técnica	63,6	31,8	100	-
Análise de solo	68,2	31,8	17,9	82,1
Erosão na propriedade	56,2	43,8	52,0	48,0
Controle da erosão	91,0	9,0	91,0	9,0
Área de preservação	72,7	29,3	85,0	15,0
Proteção dos mananciais e fontes d'água	68,2	31,8	73,0	27,0
Curvas de nível	60,0	40,0	65,0	15,0
Uso de agrotóxicos	100	-	-	100
Manutenção preventiva dos equipamentos	33,3	66,7	-	53,0

Na bacia 63,6 % dos produtores de cana-de-açúcar afirmaram receber assistência técnica aleatória ou por demanda. Uma porcentagem importante (36,4%) não recebe assistência técnica. Nas áreas com pastagem, 100% dos produtores recebem assistência técnica aleatória ou por demanda. Toda a assistência técnica ao produtor da bacia é realizada pela Cooperativa local.

Considerando a realização da análise de solo das propriedades com cana-de-açúcar, obteve-se: 68,2% dos produtores realizam a análise de solo quando ocorre a renovação da mesma; esses produtores (68,2%) que fazem análise de solo, aproximadamente 27% admitem não seguir a recomendação agrônômica (correção do solo por tradição); os produtores não fazem a análise de solo (31,8%) admitiram fazer a correção a sua maneira ou com recomendação geral da região. Nas áreas de pastagem 82,1 % não fazem análise de solo, mas também não adubam e não corrigem o solo e 17,9 % fazem análise aleatória ou quando vão reformar a pastagem, seguindo a recomendação agrônômica.

Nas áreas com a cultura de cana-de-açúcar 56,2% dos produtores admitiram ter erosão na propriedade. Na área de pasto 52 % admitiram possuir erosão os outros 48% disseram não haver erosão em suas áreas. Controlam a erosão 91% dos produtores de cana-de-açúcar e pastagem, 9% disseram que não controlam. O controle é feito basicamente fechando o sulco com solo ou até mesmo com pedras para desviar o escoamento das águas superficiais.

Quanto a área de preservação, dentre os produtores de cana-de-açúcar 72,7% possuem áreas preservadas e 29,3 % não possuem. Na pastagem 85% possuem e 15% não possuem área preservada. Na proteção dos mananciais e cursos d'água na área de cana-de-açúcar a porcentagem que tem proteção é de 68,2% contra 31,8% que não tem proteção. Na pastagem 73% protege as nascentes e 27% não protegem. Sendo que praticamente 100% de todos os produtores tanto de cana-de-açúcar quanto de pastagem, admitem que a quantidade e qualidade de água existente na bacia, diminuiu drasticamente nos últimos anos.

Quanto a práticas conservacionistas, 60% da área da cana-de-açúcar possui curva de nível e os outros 40% não possuem nenhuma prática conservacionista. Da pastagem 65% possuem curvas de nível e 35 % não possuem. Alguns produtores estão reformando e fazendo as curvas de nível e o terraceamento, porque entraram no Programa de Microbacias Hidrográficas do Governo do Estado de São Paulo, que promete incentivos.

Na área de cana-de-açúcar 100% dos produtores usam agrotóxicos, sendo as faixas de toxidez mais utilizadas a classe IV (faixa verde) pouco ou muito pouco tóxico e a classe III (faixa azul) medianamente tóxico. Na pastagem 100% dos produtores responderam que dificilmente usam agrotóxicos. O destino das embalagens de agrotóxicos é o mesmo para todos os produtores, devolvem no posto de recebimento, conforme a Lei de Destinação Final de Embalagens de Agrotóxicos e Afins.

A manutenção dos equipamentos é feita preventivamente por 33,3% e por demanda por 66,7% dos produtores de cana-de-açúcar. Na pastagem 53% fazem a manutenção por demanda e 47% não possuem equipamentos, terceirizam o serviço. A conservação das estradas é feita por 100% dos produtores tanto de cana-de-açúcar quanto de pastagem.

Nas entrevistas pôde-se observar que as áreas de cana-de-açúcar apresentam maior risco de formação de cargas difusas, devido à assistência técnica aleatória ou nenhuma, o que promove uma falta de controle na utilização dos insumos agrícolas. A falta de práticas conservacionistas, como curvas de nível também é outro ponto muito importante, pois a chuva leva diretamente os insumos agrícolas e sedimentos para os cursos d'água, principalmente na época em que o solo está exposto (reforma dos talhões). A manutenção preventiva dos equipamentos é feita por poucos produtores, o que também caracteriza um alto risco.

A pastagem em comparação com a cultura cana-de-açúcar apresentou um baixo risco, pois utiliza menor quantidade de insumos agrícolas, detendo a maior porcentagem de curvas de nível e de proteção de mananciais e cursos d'água. Tudo isso colabora para que a pastagem, neste caso seja considerado como um manejo de baixo risco.

Os outros usos existentes na bacia também foram classificados. As áreas de reflorestamento, mata ciliar e capoeira, foram classificadas como baixo risco. Áreas com solo exposto, outras culturas anuais e área urbana foram classificadas juntamente com a cana-de-açúcar como alto risco, isto é, com forte potencial formação cargas difusas.

5.2.4 - Avaliação das áreas com alto risco potencial para formação de cargas difusas

As cartas do PNE e da adequação do uso foram reclassificados, conforme descrito no capítulo material e métodos (item 4.3.4).

A carta do PNE reclassificada (figura 8), mostrou que as áreas com baixo risco de degradação representam 91,3% do total da bacia, as áreas de médio risco 7,7%, e as áreas com alto risco de degradação representam 0,9% da área total da bacia. Estas áreas de alto risco estão mais concentradas a margem direita da bacia, onde os graus de declive são mais elevados, e os solos têm maior potencial de erodibilidade. Nestes locais estão presentes os solos Podzólicos e Litólicos.

A carta de adequação do uso das terras reclassificada (figura 9), mostra que as áreas de baixo risco representam 93,6% do total da área e as áreas de alto risco representam 6,4%.

As áreas de alto risco apresentam uma distribuição mais uniforme quando comparadas com as áreas de alto risco do PNE.

Na carta de procedimentos agrícolas verificou-se que as áreas com baixo risco de degradação representaram 46,6% do total da bacia, e as áreas de alto risco representaram 53,4% do total da área, estando relacionadas basicamente com os procedimentos de manejo realizados na bacia (figura 10).

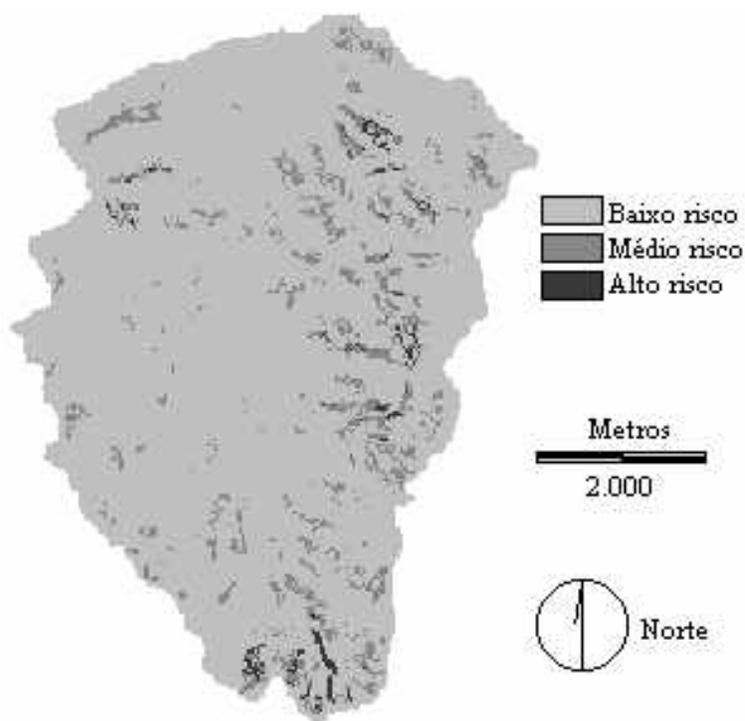


Figura 8 - Áreas de risco para o PNE

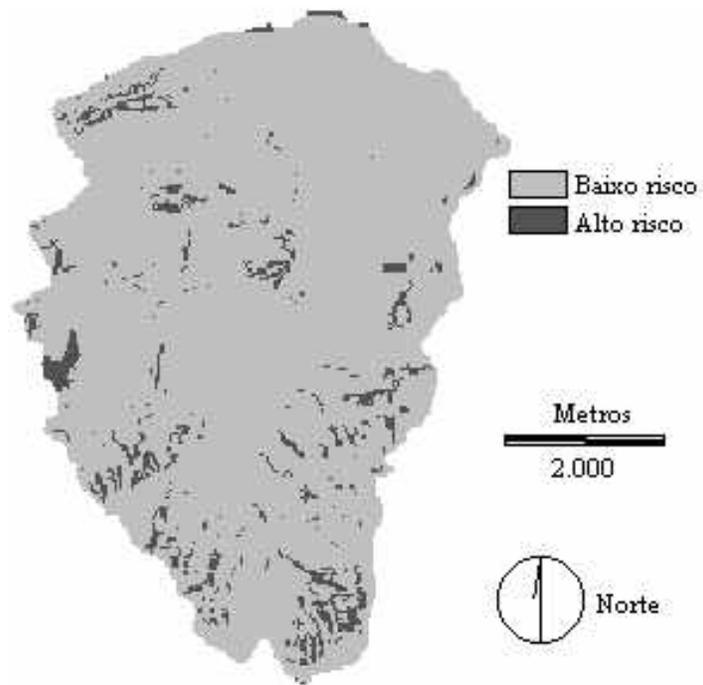


Figura 9 - Áreas de risco para Adequação agrícola

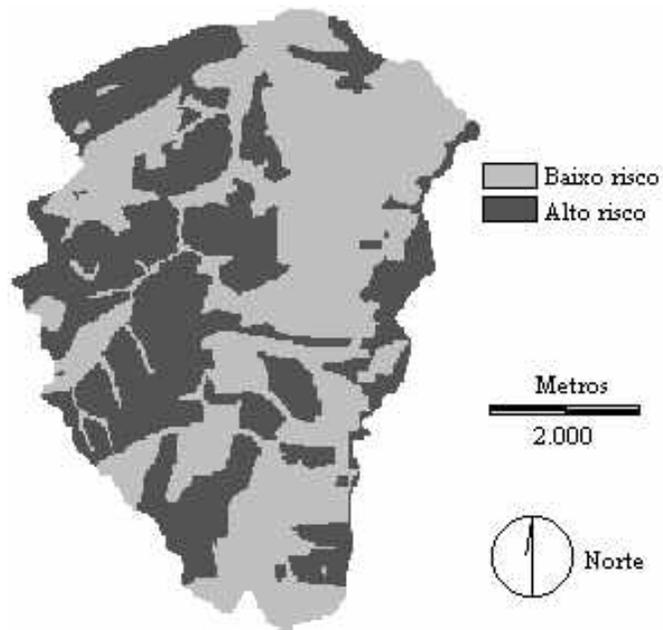


Figura 10 - Carta de procedimentos da bacia do Ribeirão dos Marins -Marins

A combinação das três cartas de risco (Potencial Natural de Erosão; Adequação do Uso e Procedimentos Agrícolas) originou a carta de risco potencial de formação de cargas difusas na bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho (figura 11). Essa carta foi classificada em cinco classes: i) áreas de baixo risco; ii) áreas de baixo – médio risco; iii) áreas de médio risco; iv) áreas com médio - alto risco; v) áreas de alto risco (figura 11). As áreas de ocorrência podem ser observadas na tabela 27.

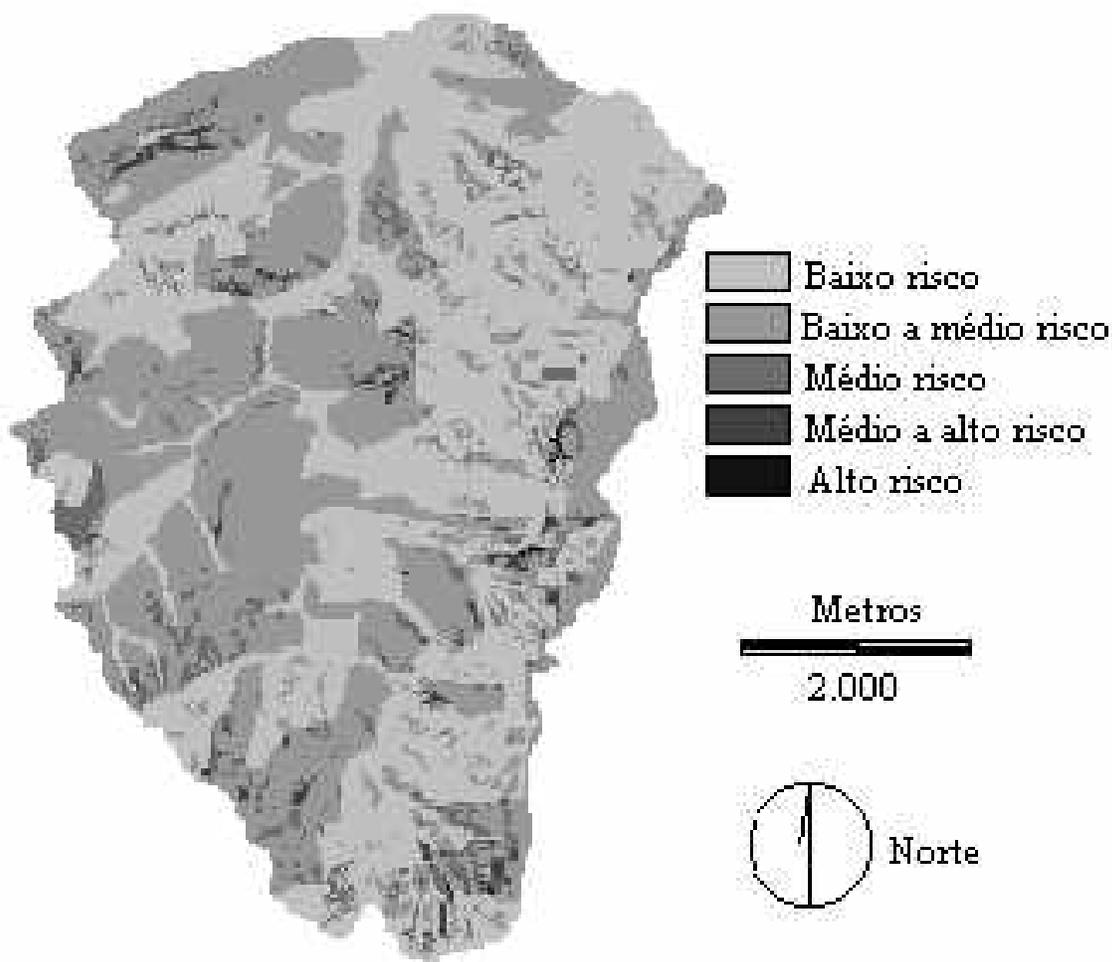


Figura 11 – Carta de Risco Potencial para formação de cargas difusas na Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho

Tabela 27 – Classes de risco potencial formação carga difusa e áreas de ocorrência na bacia Ribeirão dos Marins - Monjolinho

Classes	Área	
	Km ²	%
Baixo risco	10,2	46,4
Baixo - Médio risco	10,1	45,9
Médio risco	1,4	6,3
Médio – Alto risco	0,3	1,4
Alto risco	-	-

As áreas de médio, médio-alto e alto risco, foram agrupadas originando a carta de alto risco potencial para formação de cargas difusas na bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho, (figura 12). Essas áreas de alto risco potencial corresponderam a 7,5% da área total da bacia ou 1,6 Km².

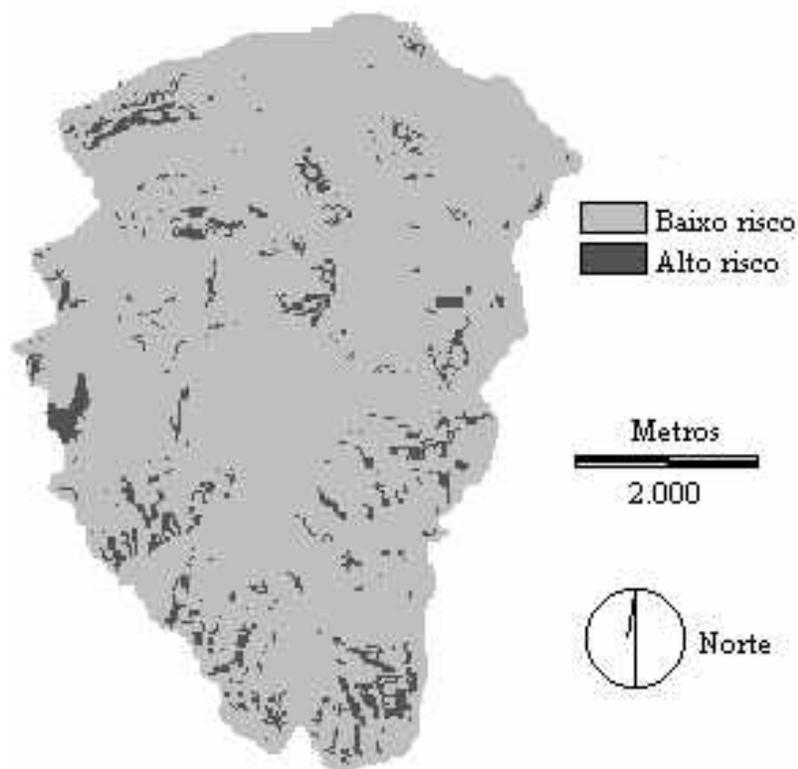


Figura 12 - Áreas de Alto Risco potencial para formação de cargas difusas na Bacia do Ribeirão do Marins – Monjolinho

A carta de alto risco potencial foi cruzada com a carta de uso e ocupação do solo para obtenção do uso atual do solo nestas áreas de alto risco. A cultura de cana-de-açúcar representou 71,2% do total dessas áreas, a pastagem 10,4%, as culturas anuais 9,2%, a área urbana 5,5%, a capoeira 3,1%, o reflorestamento 0,6% e o solo exposto teve área de ocorrência inferior a 0,1%, (tabela 28). Esse resultado mostra que as áreas de alto risco apresentam uma forte relação com a cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 28 – Uso atual do solo nas áreas de alto risco potencial para formação de cargas difusas

Uso do solo	Áreas de ocorrência	
	Km ²	%
Cana-de-açúcar	1,16	71,2
Pastagem	0,17	10,4
Reflorestamento	0,01	0,6
capoeira	0,05	3,1
Culturas anuais	0,15	9,2
Área Urbana	0,09	5,5
Solo Exposto	-	-

5.3. Carta de Áreas Susceptíveis à Erosão - MÉTODO II

5.3.1. Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), na bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho

5.3.1.1. Cenários para avaliação da Equação Universal de Perda de Solo

Na tabela 29 pode-se observar que o cenário 1, P atual, possui 61,8% da área total da bacia entre a menor taxa perda solo que é 0 a 1 t/ha/ano.No intervalo de 1 a 10 t/ha/ano estão 29,5% da área. Nas perdas de solo de 10 a 50 t/ha/ano estão 8,7% da área, já as perdas de solo superiores a 50 t/ha/ano foram inferiores a 0,1%. A figura 13 mostra a distribuição dessas taxas de perda de solo na área da bacia, para este cenário.

No cenário 2 (P= 1,0), o menor intervalo de perda de solo (0-1 t/ha/ano) correspondeu a 46,4% da área, 33,1% correspondeu a perda de solo nos intervalos de 1 a 10 t/ha/ano, entre o intervalo de 10 a 50 t/ha/ano a área correspondente foi de 19,1% e nas taxas superiores a 50 t/ha/ano, esse cenário foi o que apresentou, em relação aos outros dois cenários, maior área correspondente a essas taxas de perdas de solo com 1,4%.

No Cenário 3 - A taxa de perda de solo de 0 a 1 t/ha/ano correspondeu a 69,5% da área, 28,7% corresponderam as taxas entre 1 e 10 t/ha/ano; 1,8% de perda de solo entre 10 e 20 t/ha/ano e taxas inferior a 1% nas perdas de solo superiores a 20 t/ha/ano. Na tabela 27, pode-se observar que as perdas de solo deste cenário são muito parecidas com o cenário 1, onde também existem práticas conservacionistas. A análise destes três cenários mostra a importância das práticas conservacionistas para a diminuição das perdas de solo e da degradação dos recursos hídricos.

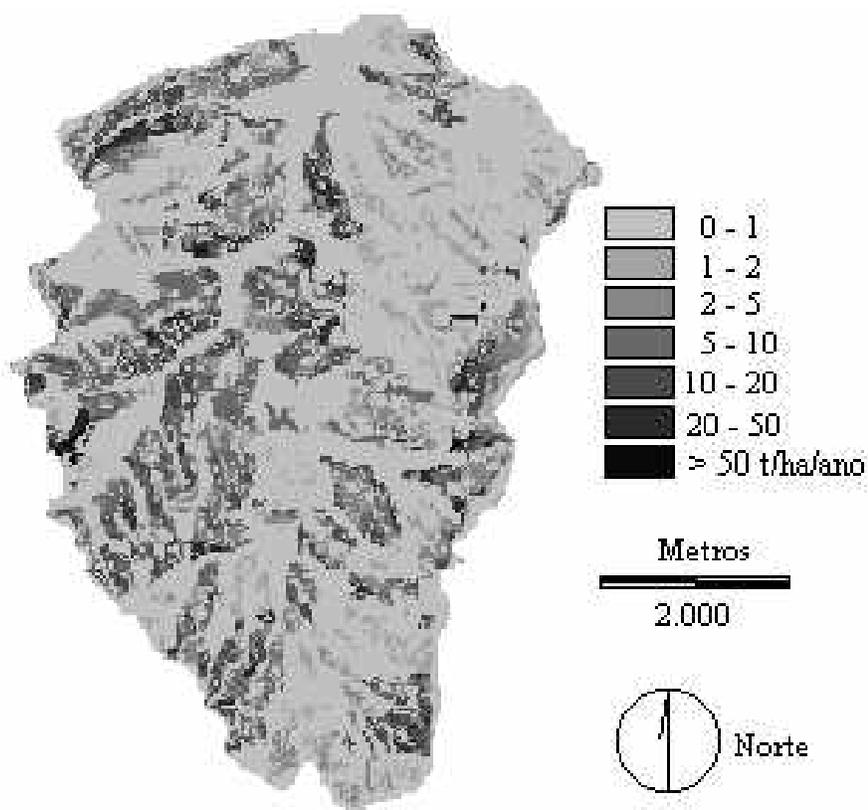


Figura 13 – EUPS (t/ha/ano) na bacia do Ribeirão Marins – Monjolino, Cenário 1

Tabela 29 - Avaliação da Equação Universal de perda de solo para 3 cenários em t/ha/ano

Taxa de perda de solos (t/ha/ano)	Cenário 1 (P=atual)		Cenário 2 (P=1,0)		Cenário 3 (P=0,2)	
	Áreas de ocorrência		Áreas de ocorrência		Áreas de ocorrência	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
0-1	13,6	61,8	10,2	46,4	15,3	69,5
1-2	2,2	10,0	2,2	10,0	2,0	9,1
2-5	2,1	9,5	3,2	14,5	2,9	13,2
5-10	2,2	10,0	1,9	8,6	1,4	6,4
10-20	1,4	6,4	2,0	9,1	0,4	1,8
20-50	0,5	2,3	2,2	10,0	-	-
>50	-	-	0,3	1,4	-	-

As perdas de solo em t/célula/ano e suas áreas de ocorrência, para cada cenário, podem ser observadas na tabela 30. Nessa tabela o cenário 1 apresentou perdas inferiores ou igual a 1 t/célula/ano, correspondentes a 92,3% da área total, perdas superiores a 1 t/célula/ano até 5,0 t/célula/ano foram de 7,7% da área total da bacia, áreas com perdas superiores a 5 t/célula/ano foram insignificantes sendo menores do que 0,1% (figura 14). No cenário 2, as perdas totais de solo correspondentes a valores inferiores a 1 t/célula/ano somaram 80,5% da área e as perdas de 1 t/célula/ano a 8 t/célula/ano foram registradas em 19,5% da área, com perdas maiores do que 8 t/célula/ano foram inferiores 0,1% (figura 15). No cenário 3, quase a totalidade da área, 98,1%, estão com perdas abaixo de 1 t/célula/ano e 1,4% possuem perdas até 2 t/célula/ano, estas áreas correspondem a condições extremas de declividade e uso inadequado em solos altamente erodíveis, como é o caso da área urbana. As perdas acima de 2 t/célula/ano foram muito pequenas, inferiores a 1% (figura 16).

Tabela 30 - Avaliação da Equação Universal de perda de solo para 3 cenários em t/célula/ano

Taxa de perda de solos (t/célula/ano)	Cenário 1 (P=atual)		Cenário 2 (P=1,0)		Cenário 3 (P=0,2)	
	Áreas de ocorrência		Áreas de ocorrência		Áreas de ocorrência	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
0-0,1	13,8	62,7	10,4	47,3	15,6	70,9
0,1-0,2	2,1	9,6	2,3	10,5	2,0	9,1
0,2-0,5	2,2	10,0	3,2	14,5	2,9	13,2
0,5-1,0	2,2	10,0	1,8	8,2	1,2	5,4
1,0-2,0	1,3	5,9	2,1	9,5	0,3	1,4
2,0-5,0	0,4	1,8	1,9	8,6	-	-
5,0-8,0	-	-	0,3	1,4	-	-
>8,0	-	-	-	-	-	-

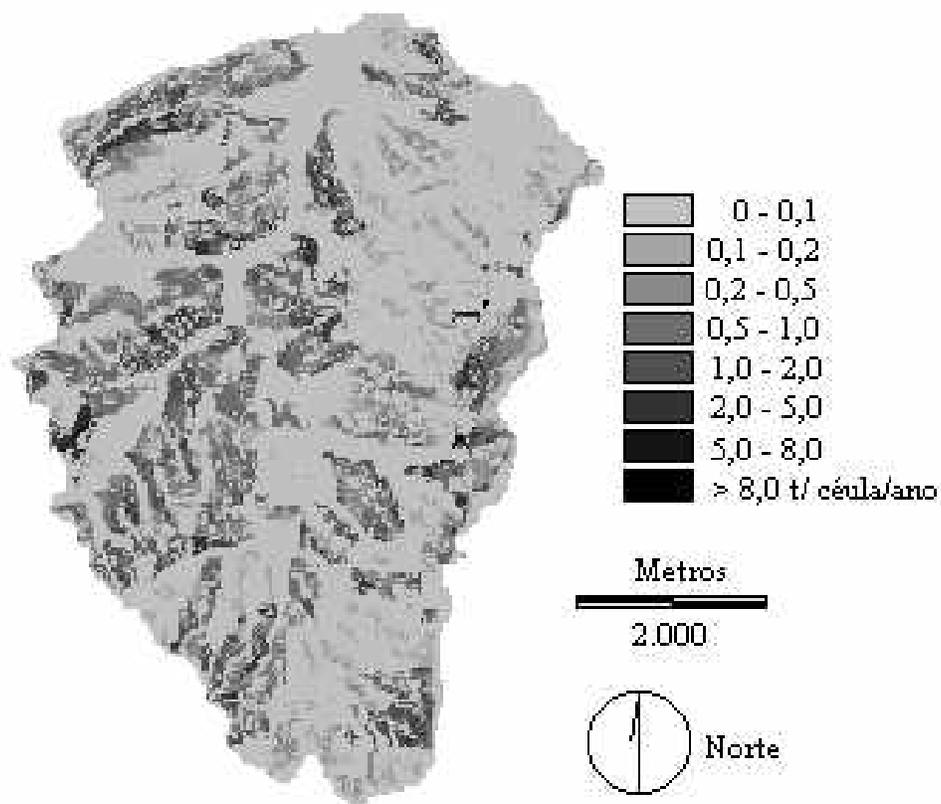


Figura 14 - Perda total de solo em t/célula/ano, Cenário 1

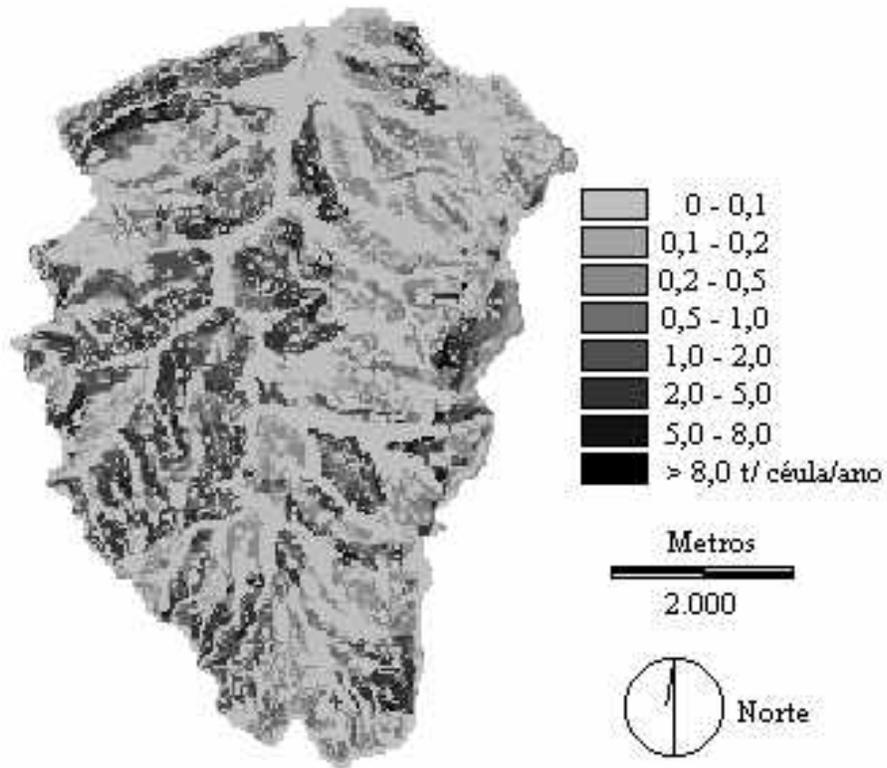


Figura 15- Perda total de solo em t/célula/ano, Cenário 2

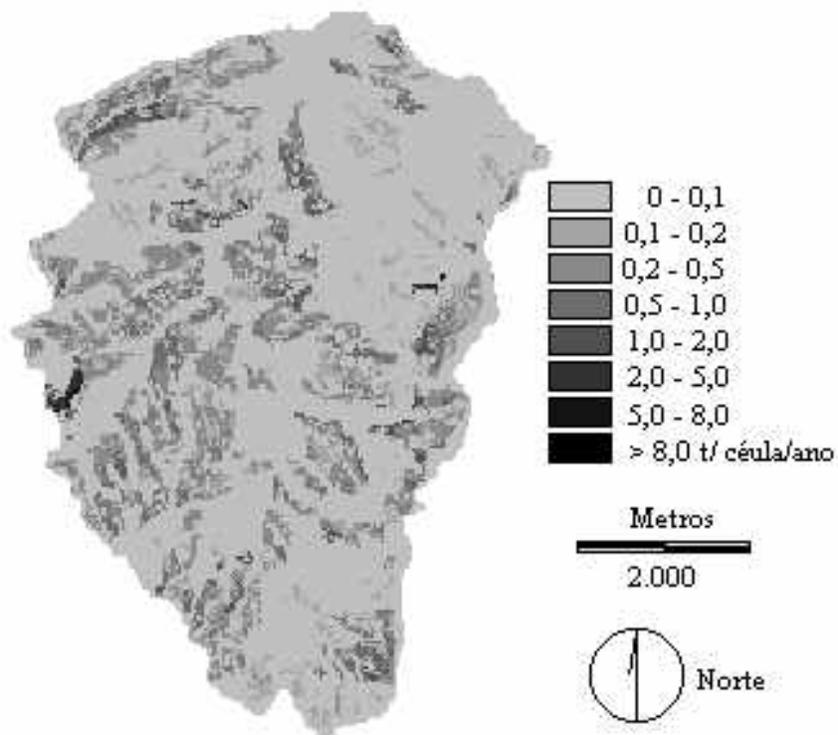


Figura 16 - Perda total de solo em t/célula/ano, Cenário 3

As perdas de solo para a bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho e seus respectivos cenários estão na tabela 31, onde as alturas perdidas (mm/célula/ano) são valores médios de perda de solo anual e os valores em t/célula/ano são os valores totais de perdas de solo anuais. Pode-se observar que as perdas de solo para o cenário 2 são expressivamente maiores do que no cenário 1 e no cenário 3.

Tabela 31 – Perdas de solo ano para cada cenário na Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho

	Taxa de perda de solo	
	mm/célula/ano	t/célula/ano
Cenário 1 (P =atual)	0,04	1196,07
Cenário 2 (P = 1,0)	0,08	2094,35
Cenário 3 (P = 0,2)	0,03	839,54

Na tabela 32 verifica-se as perdas de solo em mm/célula/ano para os 3 cenários em estudo.

No cenário 1, as perdas de solo inferiores ou iguais a 0,1mm/célula/ano responderam por quase a totalidade da área total da bacia, com aproximadamente 94% e perdas superiores a este valor até 0,5 mm/célula/ano corresponderam a 6%, os valores acima deste foram inferiores a 1% da área (figura17).

No cenário 2, as perdas até 0,1 mm/célula/ano representaram aproximadamente 83% da área da bacia, já as perdas superiores a este valor até 0,8 mm/célula/ano foram de 17% representando quase 3 vezes mais em relação ao cenário 1. As taxas superiores a 0,8 mm/célula/ano foram inferiores a 1% (figura 18).

No cenário 3, as perdas de solo inferiores ou iguais a 0,1 mm/célula/ano foram de 99% e até 0,2 mm/célula/ano foram de apenas 1%, acima deste valor de perda de solo foram registrados valores inferiores a 1% (Figura 19).

Tabela 32 - Avaliação da Equação Universal de perda de solo para 3 cenários em mm/célula/ano

Taxa de perda de solos (mm/célula/ano)	Cenário 1 (P=atual)		Cenário 2 (P=1,0)		Cenário 3 (P=0,2)	
	Áreas de ocorrência		Áreas de ocorrência		Áreas de ocorrência	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
0-0,01	14,2	64,5	10,8	49,1	16,0	72,7
0,01-0,02	2,0	9,1	2,4	10,9	1,9	8,6
0,02-0,05	2,2	10,0	3,0	13,6	2,9	13,2
0,05-0,1	2,2	10,0	1,8	8,2	1,0	4,5
0,1-0,2	1,1	5,0	2,2	10,0	0,2	1,0
0,2-0,5	0,3	1,4	1,6	7,2	-	-
0,5-0,8	-	-	0,2	1,0	-	-
>0,8	-	-	-	-	-	-

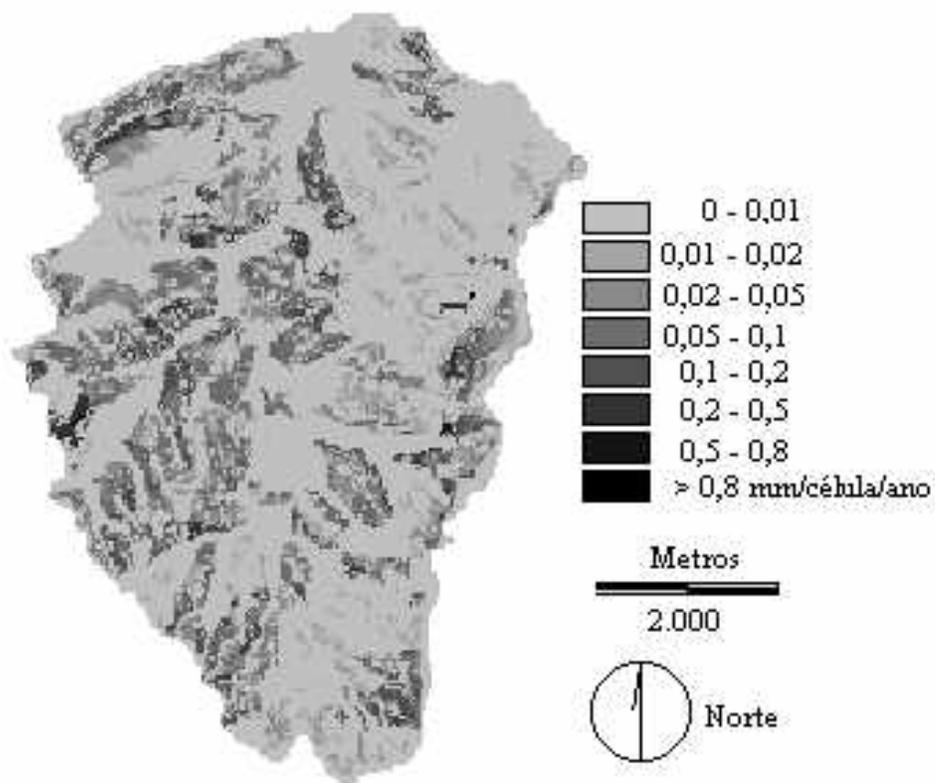


Figura 17 - Perda média de solo em mm/célula/ano, Cenário 1

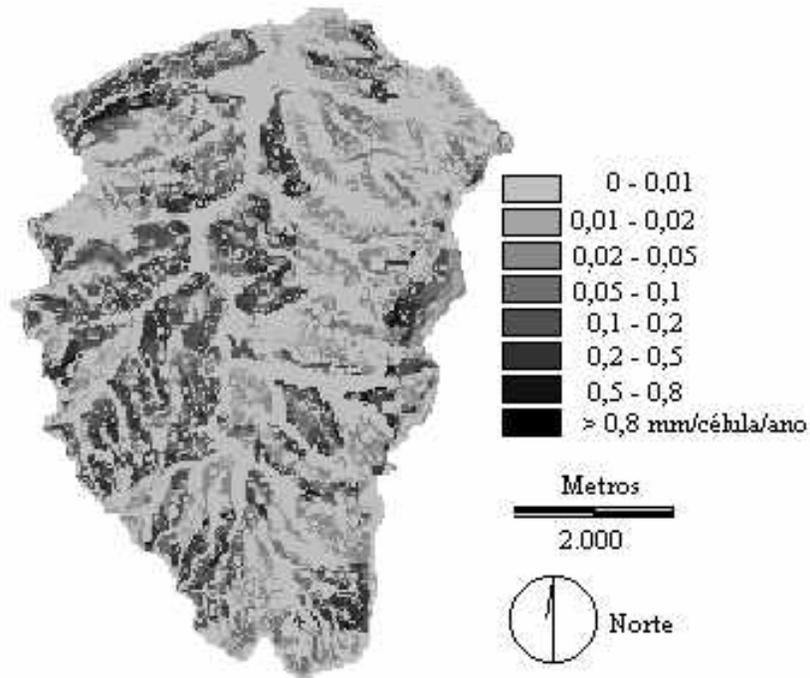


Figura 18 - Perda média de solo em mm/célula/ano, Cenário 2

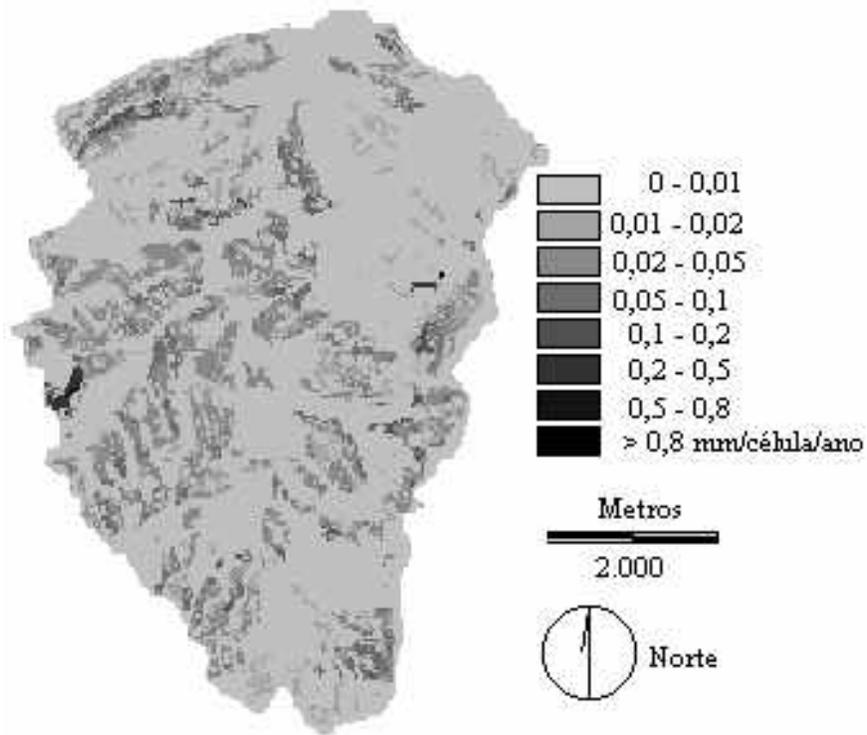


Figura 19 - Perda média de solo em mm/célula/ano, Cenário 3

5.3.2. Avaliação de áreas susceptíveis a perda de solo na Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho

A avaliação das áreas susceptíveis a erosão, foi baseada na tolerância de perda de solo de acordo com BERTONI e LOMBARDI NETO (1990). A bacia foi dividida em duas áreas: áreas não-críticas e áreas críticas. Foram consideradas áreas não-críticas foram aquelas em que a perda de solo não excedeu a tolerância máxima e as áreas críticas aonde esta tolerância máxima foi superada.

As áreas susceptíveis na bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho e suas áreas de ocorrência podem ser observados na tabela 33. O cenário 1, P atual, apresentou 11,4 % da área da bacia como crítica, esse resultado pode estar relacionado com o tipo de solo o manejo e a declividade. A maior parte dessa área crítica está na margem esquerda do Ribeirão dos Marins. No cenário 2 as áreas críticas foram praticamente o dobro do cenário 1 representando 22,2% da área total. O cenário 3, obteve 2,9% de áreas críticas, contando principalmente com a área urbana e o com o tipo de solo e a declividade . As figuras 20, 21 e 22 mostram as áreas críticas, suas áreas de ocorrência e variações dentro da bacia para cada cenário, respectivamente.

Tabela 33 – Ocorrência de áreas susceptíveis à perda de solo na Bacia do Ribeirão dos Marins - Monjolinho para os 3 cenários

Susceptibilidade A erosão	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Áreas de ocorrência		Áreas de ocorrência		Áreas de ocorrência	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Não-críticas	19,5	88,6	17,1	77,7	21,4	97,3
Críticas	2,5	11,4	4,9	22,3	0,6	2,7

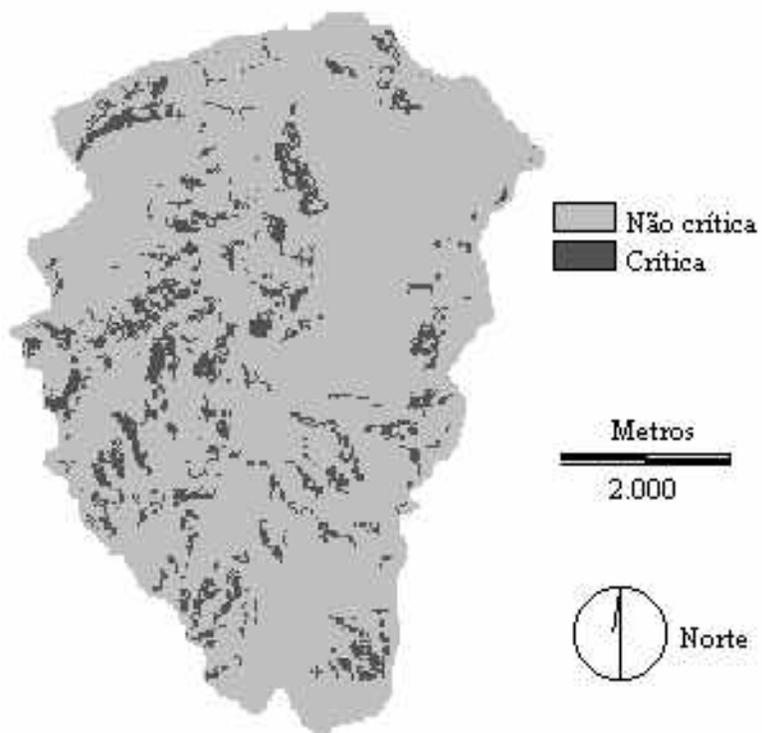


Figura 20– Áreas susceptíveis à perda de solo na Bacia do Ribeirão Marins – Monjolino - Cenário 1

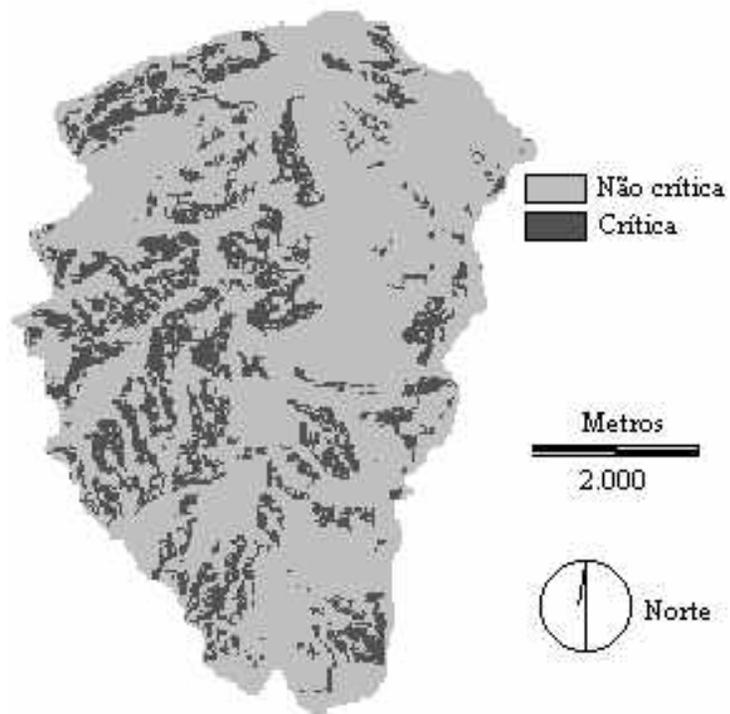


Figura 21 – Áreas susceptíveis á perda de solo na Bacia do Ribeirão Marins – Monjolino – Cenário 2

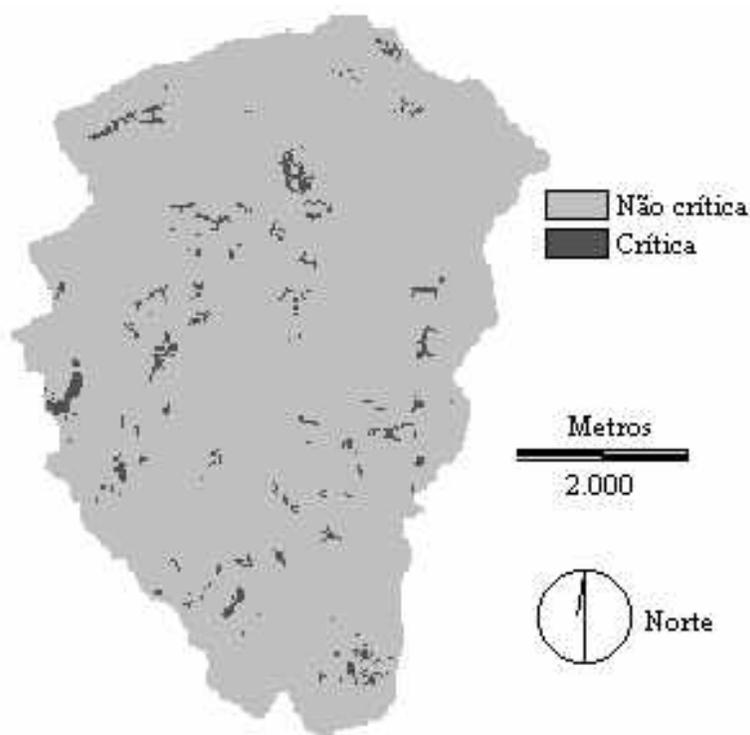


Figura 22 – Áreas suscetíveis á perda de solo na Bacia do Ribeirão Marins – Monjolinho – Cenário 3

A carta de áreas suscetíveis à perda de solo para o cenário 1 (P atual) foi cruzada com a carta de uso e ocupação do solo, obtendo – se o uso do solo atual nas áreas críticas (tabela 34). A cultura da cana-de-açúcar representou 84,0% nessas áreas críticas; o solo exposto 12% nessas áreas e a área urbana 4,0%. As culturas anuais juntamente com o reflorestamento representaram menos de 1,0% da área total da bacia.

Tabela 34 - Uso atual do solo nas áreas críticas suscetíveis à erosão para o cenário atual

Uso do solo	Áreas de ocorrência	
	Km ²	%
Cana-de-açúcar	2,1	84,0
Solo Exposto	0,3	12,0
Área Urbana	0,1	4,0
Culturas anuais	-	-
Reflorestamento	-	-

5.4. Avaliação das metodologias propostas

A partir das cartas finais de cada método, foi possível fazer o cruzamento entre as mesmas, verificando as áreas de alto risco para os dois métodos, (figura 23). A tabela 35 permite observar que: 80% da área total da bacia, foi classificada pelos dois métodos como não críticas e sem potencial de formação de cargas difusas; o Método I apresentou 2,7% de área com alto risco de formação de cargas difusas; o Método II classificou 12,7% da área total como área crítica. A combinação dos dois Métodos em relação às áreas consideradas como críticas e de alto risco concordaram em 4,6% da área total da bacia. Porém, o Método I possibilita a incorporação de informações importantes para a formação de cargas difusas, como a avaliação dos procedimentos agrícolas.

A carta de comparação entre os dois métodos (figura 23), foi cruzada com a carta de solos. Onde foi possível verificar que o método II teve maior área dentro do solo Litólico (Li3) (44,7% da área total da bacia). Esse fato demonstra a alta susceptibilidade deste solo. Essas áreas possuem uso atual com: pastagem (19,1%), reflorestamento (18,6%), e com a cultura de cana-de-açúcar (16,4%).

Ao cruzar a carta comparativa entre os dois métodos (figura 23), com a carta de declividade obteve-se que a declividade de 6 a 20% foi mais representativa dentro do método II. Nessas áreas, 28,3% são ocupadas pela cultura da cana-de-açúcar tornando de alto risco em função principalmente do tipo de solo.

Tabela 35 - Comparação entre o Método I e o Método II

	Área de ocorrência	
	Km ²	%
Dois Métodos: Baixo risco	17,6	80,0
Método I: alto risco	0,6	2,7
Método II: área crítica	2,8	12,7
Dois Métodos: Alto risco	1,0	4,6

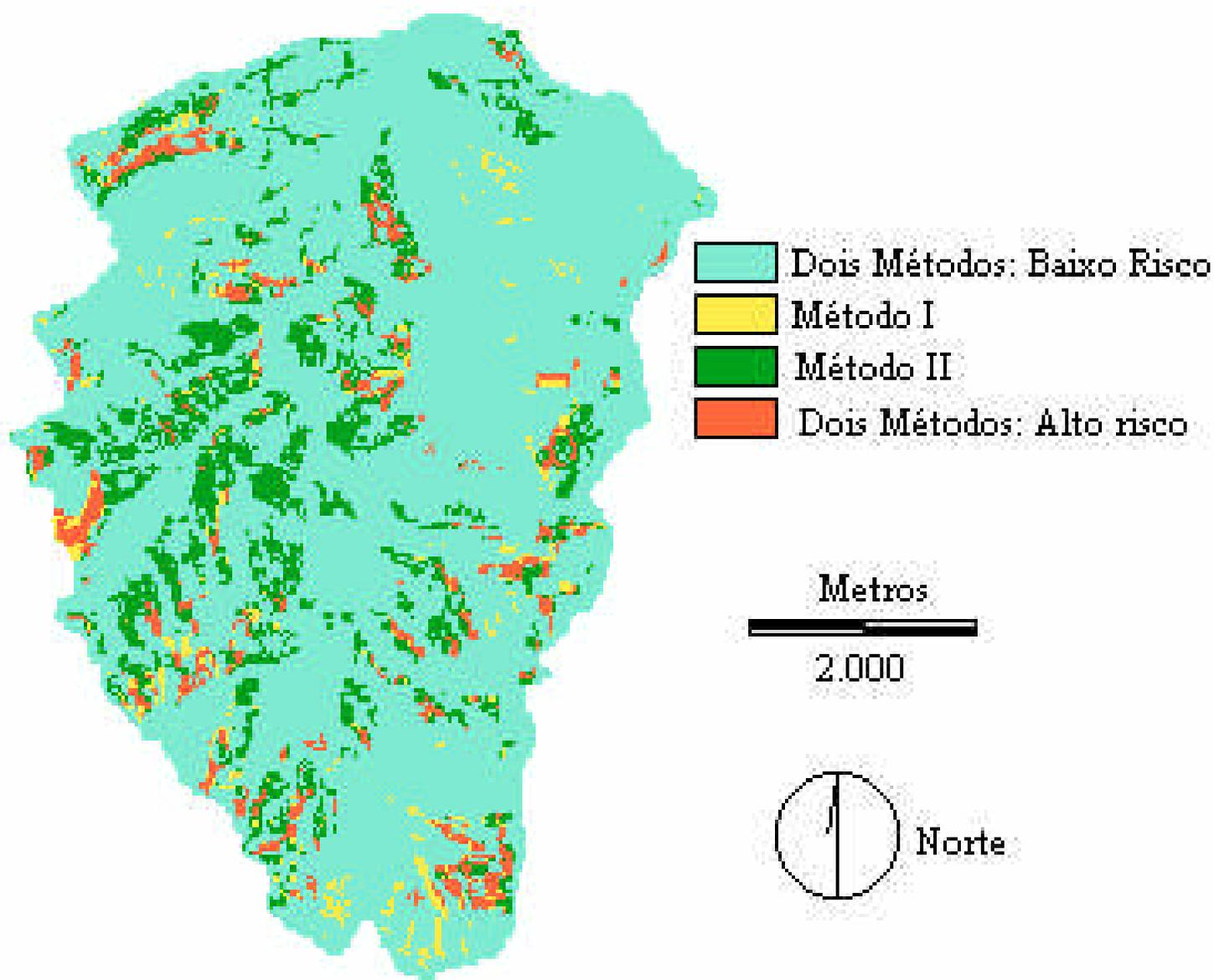


Figura 23 – Comparação entre o MÉTODO I e o MÉTODO II Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho

6. CONCLUSÃO

A bacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins – Monjolinho é caracterizada como tipicamente agrícola, com um relevo que não possui sérias restrições, exceto algumas áreas que precisam ser tratadas com maior atenção;

A avaliação do impacto das atividades agrícolas a partir da aptidão agrícola das terras, mostrou ser possível desde que seja agregada a outros fatores de avaliação, por exemplo, as observações em campo. Quanto a adequação do uso do solo, a partir da aptidão agrícola, 6,4% do total da área foram classificadas como sobre-utilizadas.

A avaliação das áreas de risco, para o Método I, que combinou os planos: Potencial Natural de Erosão, Adequação das Terras e Procedimentos Agrícolas, mostrou que as áreas de alto risco ocupam 7,5% da área total da bacia. Essas áreas devem ser monitoradas minimizando a formação de cargas difusas, por meio da mudança do uso e ocupação do solo e do manejo agrícola.

A utilização da EUPS mostrou perda média de solo de 1t/ha/ano. Esse valor mostra que a bacia apresenta valores toleráveis de erosão hídrica. Entretanto, algumas áreas devem ter manejos conservacionistas minimizando assim, as perdas de solo.

A avaliação das perdas de solo a partir da EUPS mostrou que as áreas críticas susceptíveis à erosão corresponderam a 11,3% do total da bacia;

O método I proporcionou indicativos das condições reais da bacia analisando os 3 planos de informação: potencial de transporte, adequação do uso do solo e manejo agrícola; Esses 3 planos são fundamentais para uma avaliação do estado potencial de formação de cargas difusas, altamente impactantes, na qualidade da água das bacias hidrográficas.

Os dois métodos combinaram em 84,6% da área da Bacia do Ribeirão dos Marins – Monjolinho. Sendo que 80% da área foi classificada pelos dois métodos como áreas não

críticas ou sem potencial de formação de cargas difusas e 4,6% da área como áreas críticas ou com alto risco potencial de formação cargas difusas.

Sugestões para trabalhos futuros:

- Alterações de uso e manejo nas áreas de alto risco, para minimização do risco de degradação dos recursos hídricos;
- Monitoramento da qualidade da água do Ribeirão dos Marins – monjolinho, para confirmação de que as alterações de uso e manejo produziram modificações positivas na qualidade da água da bacia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J. A; CASSOL, E.A. e REINERT, D. J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:141-151, 2000.
- AMORIM, D. S. e FERREIRA, M. E. Um estudo sobre a qualidade das águas do Rio Paraíba do sul no vale do Paraíba no período de 1978 a 1994. **Simpósio de Recursos Hídricos**. XIII, Belo Horizonte. Nov. 1999, CD-Rom.
- BARBOSA, F. et al. A água, patrimônio da humanidade. **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do solo e da água**. XVI, Cuiabá – MT, ago 2002, CD-Rom.
- BERTOL, I. e MIQUELLUTI, D. J. Perdas de solo, água e nutrientes reduzidos pela cultura do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 28, n.10, p. 1205-1213, out.1993.
- BERTOL, I.; SCHICK, J. e BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para as culturas de soja e trigo em três sistemas de preparo em um cambissolo húmico alumínico. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:451-461, 2001.
- BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. e BENATTI JUNIOR, R. Equação de perdas de solo. Instituto Agronômico, Campinas, SP, 1975. 25p. (Boletim Técnico, 21)
- BERTONI, J e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Ícone editora. 3º edição, São Paulo, 1990, 355 p.
- BRANCO, S. M. Água, meio ambiente e saúde. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA,B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras Editora, São Paulo, 1999, p.227-248.
- BRANDÃO, D. Risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do Ribeirão Pinhal - Limeira (SP): uma proposta metodológica. **Dissertação de Mestrado**. UNICAMP, Campinas – SP. 2001.
- BUENO, C. R. P. *et al.* Variabilidade espacial do potencial natural de erosão e perdas de solos em argissolos intensamente cultivados na região de monte alto (sp). **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do solo e da água** XVI. Cuiabá – MT, ago 2002, CD-Rom.
- CARVALHO, F. P. et al. A importância dos municípios na gestão dos recursos hídricos. **Simpósio de Recursos Hídricos**. XIII, Belo Horizonte. Nov. 1999, CD-Rom.
- CAVALIERI, A. Estudo de degradação do solo com o uso do SIG-IDRISI. **Caderno de informações georreferenciadas**. Vol.1, N° 2 .1997 - Nota Técnica 4.
- CERVO, A. L. e BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. São Paulo, Prentice Hall, 2002. 5º ed. 241 p.
- CORWIN, D. L, LOAGUE, K., ELLSWORTH, T. R.. GIS-based modeling of nonpoint source pollutants in the vadose zone. (geographic information systems). **Jounal of soil and water conservation**. Springs, 1998 v53 n1 p34(5)
- COSTA, J. L. A .T. Contribuição de sedimentos, por áreas agrícolas, devida a eventos pluviosos. **Dissertação de Mestrado**, Limeira 1988. UNICAMP.
- DENARDIM, J. E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba.**Tese de doutorado**. Universidade de São Paulo (USP), 1990.
- EIGER, S. et al. Modelagem matemática de cargas difusas na Bacia do Guarapiranga, São Paulo. **Simpósio de Recursos Hídricos**. XIII, Belo Horizonte. Nov. 1999, CD-Rom.
- ELTZ, F.L.F. et al. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo lateríticos Bruno Avermelhado Distrófico (São Jeronimo). I Resultados do primeiro ano. **R. Bras. Ci. Solo** 1: 123-127 1977.

- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Agricultura intensiva: impacto ambiental e sócio-econômico em microbacias hidrográficas**. Jaguariuna, São Paulo, 1992.
- GRAFFY, E. A. Low-level detection of pesticides... so what? (US Geological Survey's National Water Quality Assessment Programs). **Journal of soil and water conservation**. Springs, 1998 v53 n1 p11(2)
- GRIEBELER, N. P. et al. Avaliação de um modelo para estimativa da lâmina máxima de escoamento superficial. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:411-417, 2001.
- HERMES, L.C. et al. Perda por deflúvio superficial de 2,4-D, atrazina, aldicarb sufóxido e trifluralina em solo podzólico vermelho-amarelo. In: **XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Viçosa/MG, 1995, 2415-16.
- HESPAHOL, I. Água e saneamento básico – uma visão realista. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras Editora, São Paulo, 1999, p.249-304.
- ITO, H. K. Previsão de erosão e demarcação de talhões de eucaliptos na Microbacia Hidrográfica do Rio Itupeva (São Paulo), com base num sistema de informação georeferenciada. **Dissertação de mestrado**. UNICAMP, Campinas, 1998
- LAROCHE, A. M.e GALLLICHAND, J. Analysis of pesticide residues in surface and groundwater of a small watershed. **Transactions of ASAE**. 38(6): 1995, 1731-6,
- LEPSCH, I.F. et al. Manual para levantamento do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 2º imp. rev., Camas, Soc. Bras. de Ci. Solo, 1991.
- LEVY, M. Avaliação da susceptibilidade das terras de Piracicaba por comparação de cenários. **Dissertação de Mestrado**. Piracicaba, Universidade de São Paulo (USP), 1995.
- LOMBARDI NETO, F.; PRUSKI, F.F. e TEIXEIRA, A. F. SISTEMA PARA CÁLCULO DA EROSIVIDADE DA CHUVA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) e Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos (DEA-UFV), 1999.
- LOPES, M. Folha do Meio Ambiente - Ano 11 - Edição 113 - Brasília/DF, março-2001. Capturado on-line dia 08/03/2002. <http://www.folhadomeioambiente.com.br/fma-113/agua113i.htm>.
- LÓPEZ, A. A. O. Análise dos custos privados e sociais da erosão do solo - o caso da bacia do Corumbataí. **Tese de doutorado**. ESALQ, Piracicaba, SP. 1997.
- LUZ, D. Como acabar com um rio. **Folha do Meio Ambiente**, Edição 113, Brasília/DF, março-2001.
- MACHADO, R. S. et al. Uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) na determinação da aptidão agrícola dos solos no Município de Silveira Martins, RS. **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do solo e da água**. XVI, Cuiabá – MT, ago 2002, CD-Rom.
- MASSE, L.; PATNI, N.K.; CLEGG, B.S. Tile effluent quality and chemical losses under conventional tillage–Part 2: Atrazine and metalachlor. **Transactions of ASAE**. 1996, 39 (6) 2105-11.
- MORAES, J. F.L. et al. Expectativa de degradação dos recursos hídricos em microbacias hidrográficas com o auxílio de sistemas de informação geográfica. **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do solo e da água** XVI. Cuiabá – MT, ago 2002, CD-Rom.
- MORETTI, L. R. Avaliação da erosão superficial em pequenas bacias hidrográficas rurais.

Tese de Doutorado. ESALQ, Piracicaba, SP. 2001

NASCIMENTO, L.V. e VON SPERLING, M. padrões nacionais e internacionais de lançamento de efluentes líquidos em corpos d'água. **Simpósio de Recursos Hídricos.** XIII, Belo Horizonte. Nov. 1999, CD-Rom.

NASCIMENTO, G.B. et al. Comparação entre três sistemas de classificação de aptidão agrícola das terras em solos de tabuleiro do estado do Rio de Janeiro. **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do solo e da água.** XVI, Cuiabá – MT, ago 2002, CD-Rom.

OLIVEIRA, J. B. **Solos da Folha de Piracicaba.** Boletim Técnico, 48. Campinas, Instituto Agrônomo, 1999. 173 p.

OLIVEIRA, J.B. e BERG, M.V.D. **Aptidão Agrícola das Terras do Estado de São Paulo:** Quadrícula de Piracicaba. Memorial descritivo. Campinas, Instituto Agrônomo. 1985.

OLIVEIRA, R. A. P. Adequação da dinâmica do uso agrícola e avaliação sócio-econômica das terras do Município de Aguai/SP. **Dissertação de Mestrado.** UNICAMP, Campinas – SP. 2001.

PALHARES, J. C. P. et al. Avaliação de alguns parâmetros químicos da água de abastecimento e residuária no Município de Jaboticabal – SP. **Simpósio de Recursos Hídricos.** XIII, Belo Horizonte. Nov. 1999, CD-Rom.

PARREIRA, F. V. et al. Uso de agrotóxicos carbamatos em plantações de tomate - Impacto sobre a qualidade da água rural e urbana. **Simpósio de Recursos Hídricos.** XIII, Belo Horizonte. Nov. 1999, CD-Rom.

PEREIRA, L.C. Sistema de informações geográficas e técnicas de sensoriamento remoto na determinação da taxa de adequação de uso das terras de uma bacia hidrográfica - Estado de São Paulo. São José dos Campos, SP, INPE. 1994.

PROCHNOW, M. C. R. Recursos Hídricos e Metodologia de Pesquisa. Geografia, v.10, n. 19, 1985.

RAMALHO, J. F.G. P., et al. Contaminação da microbacia de caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pes. Agrop. Bras.** v. 35 n.7 Brasília jul. 2000

RAMALHO FILHO, A. e BEEK, K.J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.** EMBRAPA CNPS. Rio de Janeiro. 3º ed. 65 p. 1994.

ROCHA, J. V.; LOMBARDI NETO, F.; BACELAR, A. A. A. Cálculo do fator comprimento de rampa (L): uma metodologia para uso em Sistema de Informação Geográfica. In: **Simpósio Nacional de Controle de Erosão.** Bauru, 1995.

SANTOS, M. A. S. de P. et al. Qualidade da água – estudo de casos: sistema Rio Grande x sistema Rio Claro. **Simpósio de Recursos Hídricos.** XIII, Belo Horizonte. Nov. 1999, CD-Rom.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico. **R. Bras. Ci. Solo,** 24: 437-447, 2000.

SOUTO, A. R. e CRESTANA, S. Comparação da perda de solo para diferentes sistemas de manejo utilizando o modelo AGNPS e SIG. **Revista Plantio Direto.**

TELLES, D.D'A. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** Escrituras Editora, São Paulo, 1999, p.305-337.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 1987. 175 p.

TUNDISI, J.G. et al. O. Limnologia de águas interiores. Impactos, conservação e recuperação

de ecossistemas aquáticos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras Editora, São Paulo, 1999, p.195-223.

VALENTE J. P. S., PADILHA P. M. e MARQUES da SILVA A .M. Contribuição da cidade de Botucatu – SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. **Eclética Química** V. 22 São Paulo 1997.

WALL, G.J.; BOSS, A. W. e MARSHALL, A. H. The relations between phosphorus and suspended sediment loads in Ontario watersheds. **Journal of soil and Water Conservation**. Nov-Dec 1996 v51 n6 p504(4).

WEILL, M. A. M. Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do ceveiro (Piracicaba, SP), por meio de do índice de tempo de vida. **Tese de doutorado**. ESALQ, Piracicaba, SP. 1999.

WEILL, M. A. M. et al. Potencial natural de erosão e riscos de degradação na bacia hidrográfica do rio Mogi- Guaçú (sp). **VII Simposio Nacional de controle de erosão**. Goiânia, GO. Maio de 2001. ANAIS CD-Rom.

WISCHEMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning**. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537).

APÊNDICE

AVALIAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS AGRÍCOLAS NA BACIA RIBEIRÃO DOS MARINS – MONJOLINHO, PIRACICABA/SP

1) Identificação do produtor

NOME	
PROFISSÃO	
ENDEREÇO	
CEP	
BAIRRO	
MUNICÍPIO	
TELEFONE	
SEXO	M () F ()
ESCOLARIDADE	

2) Identificação da propriedade

NOME DA PROP	
ENDEREÇO/CEP	
MUNICÍPIO	
TELEFONE	
Área Total (ha)	

ATIVIDADE PRINCIPAL	
	() Cana-de-açúcar (.....) () pastagem (.....)
	() Silvicultura (.....) () Fruticultura (.....)

CONDIÇÃO DE POSSE	() Proprietário () Ocupante () Arrendatário () Parceiro
-------------------	--

3) Recebe Assistência Técnica? () sim () não

De quem e com que frequência? _____

5) Faz análise de solo? () sim () não

Quem faz e com que frequência? _____

6) Práticas conservacionistas	Porcentagem (%) da área
Área de Preservação (AP)	
Áreas com erosão	
Plantio Direto	
Adubação verde	
Proteção de fonte de água	
Quebra vento	
Rotação de culturas	
ConSORCIAMENTO	
Terraceamento	
Cordão vegetativo	
Adubação química	
Adubação orgânica	

7) Quais os controles de erosão utilizados?

8) Uso de insumos agrícolas:

Item	Frequência	Parte da área ou cultura	Aonde compra ?
Agrotóxicos (defensivos)			
Sementes compradas/certificadas			
Fertilizantes químicos			
Adubo orgânico			
Corretivos (calcário)			
Colhedeira mecânica (alug.)			
Irrigação			
Beneficia algum produto			

9) Qual a faixa de toxidez dos defensivos agrícolas utilizados?

() Classe I () Classe II () classe III () Classe IV

Cor da faixa _____

10) Como e onde é feita o armazenamento dos defensivos e qual seu destino?

11) Com que frequência é feita a manutenção dos equipamentos?

12) Possui sistema de drenagem na propriedade? () Sim () Não

13) Faz conservação das estradas da propriedade? () Sim () Não
