

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**EXPECTATIVA DE RISCO DE DEGRADAÇÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO JUNDIAÍ MIRIM**

RODRIGO MIGUEL PEREIRA BATALHA

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**EXPECTATIVA DE RISCO DE DEGRADAÇÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO JUNDIAÍ MIRIM**

Dissertação submetida a banca
examinadora para obtenção do título
de Mestre em Engenharia Agrícola
na área de concentração de Água e
Solo.

RODRIGO MIGUEL PEREIRA BATALHA
Orientador: Prof. Dr. José Teixeira Filho.

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2006

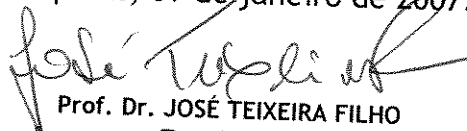
UNIDADE 700
Nº CHAMADA 7/UNICAMP
B311e
V EX
TOMBO BC/ 71236
PROC. 16.145-07
C D X
PREÇO 11,00
DATA 23/01/07
BIB-ID 397243



PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado defendida por **RODRIGO MIGUEL PEREIRA BATALHA**, aprovada pela Comissão Julgadora em 03 de fevereiro de 2006.

Campinas, 09 de janeiro de 2007.


Prof. Dr. JOSÉ TEIXEIRA FILHO
Presidente

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

B311e Batalha, Rodrigo Miguel Pereira
Expectativa de risco de degradação dos recursos
hídricos na bacia do Rio Jundiá Mirim / Rodrigo
Miguel Pereira Batalha. --Campinas, SP: [s.n.], 2006.

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

1. Degradação ambiental. 2. Recursos hídricos. 3.
Recursos hídricos - Planejamento. I. Teixeira Filho,
José. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade
de Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Water resources degradation risk expectancy upon Jundiá
Mirim Watershed

Palavras-chave em Inglês: Risk, Environmental degradation, Water resources,
Planning

Área de concentração: Água e solo.

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola.

Banca examinadora: Jener Fernando Leite de Moraes, Denis Miguel Roston

Data da defesa: 23/02/2006

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros e profundos agradecimentos aos Orixás, ancestrais sagrados, que iluminam nosso caminho. Aos mentores espirituais que me auxiliam incansavelmente nesta passagem e tem auxiliado ao longo de muitas outras passagens, e auxiliarão por outras tantas passagens neste planeta, Saravá! Aos Exus guardiões, executores dos senhores da luz, que fazem os ajustes necessários para seguirmos nossa vida material, Laroyê Exu!

Ao meu orientador Prof. Dr. José Teixeira Filho, que aceitou este desafio de caminharmos juntos neste trabalho, aos momentos de aprendizado e amadurecimento acadêmico.

Meus agradecimentos a Faculdade de Engenharia Agrícola, a Secretaria de pós graduação e todos os funcionários que sempre estiveram prontos para nos atender (Marta, Rosângela e Ana). Aos coordenadores Profa. Dra. Raquel Gonçalves e ao Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani.

Ao Prof. Dr. Jener Fernando Leite de Moraes, pelo auxílio durante o trabalho e principalmente por ceder os mapas base para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Lonardon Foloni e ao Prof. Dr. Denis Miguel Roston, pelas contribuições e dicas para finalização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Kil Jin Park, amigo e companheiro, muito obrigado mestre!

Ao Sr. Clemilton, parceiro durante os trabalhos em campo.

Aos meus pais José e Sônia, aos meus avós Luiz, Alice, Iponina e Lourdes, aos meus tios Carlos e Cássia e ao meu primo Matheus, pela paciência e força durante os momentos mais duros.

A minha ilustre namorada e companheira Luciana, aos seus pais Sr. Edson e D. Nilse, pela paciência e força durante os momentos mais duros.

Aos meus amigos Rafael (Formiga), Juliana, Angel (Urubu), Anna Letícia, Vânia, Flávio Gramoleli Jr. pela ajuda e companheirismo durante o trabalho.

Ao meu grande amigo e irmão de fé Rodrigo Teixeira Raphael, valeu mesmo irmão!

A CNPq pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS DO APÊNDICE II	ix
RESUMO	x
I. Introdução	1
II. Objetivos e Justificativas	3
2.1. Objetivos.....	3
2.2. Justificativas.....	3
III. Revisão Bibliográfica.....	4
3.1. Planejamento e Gestão dos Recursos hídricos	4
3.2. Qualidade da Água e Interferências Antrópicas	4
3.3. Influência da Preservação e Restauração da Mata Ciliar na Qualidade da Água...5	
3.4. Uso de agroquímicos e recursos hídricos.....	9
3.5. Aspectos Legais Aplicáveis à Restauração de Florestas de Preservação Permanente e de Reserva Legal	10
3.6. Fundamentos Ecológicos para o Planejamento da Restauração Florestal.....	12
3.7. Modelos que Auxiliam a Avaliação dos Riscos de Degradação dos Recursos Hídricos	13
3.7.1. Modelos que Descrevem Perdas de Solo Agrícolas	14
3.7.1.1. Potencial Natural de Erosão	15
3.7.1.2. Equação Universal de Perdas de Solo	16
3.7.2. Capacidade de Uso do Solo	17
3.7.3. Aptidão Agrícola das Terras	18
3.7.4. Avaliação do Procedimento Agrícola.....	21
IV. Material e Método	22
4.1. Material	22
4.1.1. Caracterização da Bacia do Rio Jundiá Mirim	22
4.1.1.1. Caracterização da Cobertura Vegetal	23
4.1.1.2. Uso e Ocupação do Solo.....	23
4.1.1.3. Caracterização Solos e Relevo da bacia do rio Jundiá Mirim.....	24
4.2. Método para Determinar a Expectativa de Risco.....	27
4.2.1. Potencial Natural de Erosão (PNE) e Tolerância a Perdas de Solo	27
4.2.1.1. Erosividade da Chuva (fator R)	28
4.2.1.2. Erodibilidade dos Solos (fator K)	29
4.2.1.3. Comprimento e Grau de Declive (fator LS)	29
4.2.2. Aptidão Agrícola das Terras	30
4.2.2.1. Graus de limitação	31

4.2.3. Caracterização do Procedimento Agrícola.....	34
4.2.5. Expectativa de Risco de Degradação dos Recursos Hídricos	38
V. Resultados	41
5.1. Potencial Natural de Erosão	41
5.3. Aptidão Agrícola das Terras	48
5.4. Caracterização do Procedimento Agrícola.....	56
5.5. Expectativa de Risco de Degradação dos Recursos Hídricos	58
5.6. Área de Afluência Variável.....	60
VI. Conclusões	73
VII. Referências Bibliográficas.....	74
ANEXO I.....	78
<i>Quadro guia de avaliação da aptidão agrícola das terras (região de clima tropical úmido).</i>	78
APÊNDICE I.....	79
<i>Aspectos físicos dos solos da bacia utilizados no cálculo da erodibilidade.</i>	79
APÊNDICE II.....	80
<i>Entrevista – Caracterização do procedimento agrícola na bacia do rio Jundiaí-Mirim</i>	80
APÊNDICE III	82
<i>Área variável de afluência das sub bacias da bacia do rio Jundiaí Mirim.</i>	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: PI de uso e ocupação do solo da bacia do rio Jundiá Mirim.....	24
Figura 2: Classes de erodibilidade dos solos.....	41
Figura 3: Classes do fator topográfico.....	43
Figura 4: Distribuição relativa, em porcentagem, dos valores do LS em relação à área total da bacia em estudo.	43
Figura 5: Plano de informação do potencial natural de erosão reclassificado, valores em $Mg.ha^{-1}.ano^{-1}$	44
Figura 6: Distribuição relativa, em porcentagem, dos valores de PNE em relação à área total da bacia em estudo.....	44
Figura 7: Plano de informação - tolerância a perdas reclassificado, valores em $Mg.ha^{-1}.ano^{-1}$	46
Figura 8: Distribuição relativa, em porcentagem, das classes de risco de erosão em relação à área total da bacia em estudo.....	47
Figura 9: Plano de informação das classes de risco de erosão.	48
Figura 10: Plano de Informação de deficiência de fertilidade.....	49
Figura 11: Plano de Informação de deficiência de água.....	50
Figura 12: Plano de Informação de deficiência de oxigênio.	50
Figura 13: Plano de Informação de suscetibilidade à erosão.....	51
Figura 14: Plano de Informação de impedimentos à mecanização.	51
Figura 15: Plano de Informação de aptidão agrícola.....	53
Figura 16: Plano de Informação das classes de aptidão.	54
Figura 17: Plano de Informação de adequação do uso e ocupação.	54
Figura 18: Plano de Informação da expectativa de risco sob o aspecto da adequação do uso e ocupação.	56
Figura 19: Plano de informação do risco – procedimento agrícola.....	58
Figura 20: Plano de informação da expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos.....	59
Figura 21: Distribuição relativa, em porcentagem, das classes de expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos em relação à área total da bacia em estudo.....	59
Figura 22: Distribuição relativa, em porcentagem, das classes de expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos em relação à área variável de afluência.	60
Figura 23: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Horto.	62
Figura 24: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Represa Nova.	62
Figura 25: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Parque Centenário.	63
Figura 26: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Caxambu.	63
Figura 27: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Pinheirinho.	64
Figura 28: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego Albino.	64
Figura 29: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Calha.	65
Figura 30: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego Ponte Alta.	65
Figura 31: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego Ananás... ..	66
Figura 32: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Tarumã.	66
Figura 33: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego Caxambuzinho.....	67
Figura 34: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego do Areião.	67

Figura 35: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Escada da Dissipação.....	68
Figura 36: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego da Roseira.	68
Figura 37: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego do Perdão.	69
Figura 38: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Ribeirão da Toca.	69
Figura 39: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Ribeirão Soares. ..	70
Figura 40: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Ribeirão do Tanque.	70
Figura 41: Distribuições do uso, em porcentagem, nas áreas com alta expectativa de risco da área variável de afluência, nas sub bacias.	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Largura das áreas de preservação permanente (APP's) em função da largura dos rios.	11
Quadro 2: Classes de solo com suas respectivas distribuições relativas.	25
Quadro 3: Classes de declive e distribuição relativa.	26
Quadro 4: Classes de declividade associadas às classes de relevo.	26
Quadro 5: Classes de risco – Relação Potencial Natural de Erosão (PNE)/ Tolerância de perdas de solo.	28
Quadro 6: Deficiência de Fertilidade.	31
Quadro 7: Classes de declive associadas aos graus de limitação suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.	33
Quadro 8: Classes dos indicadores da expectativa de risco.	35
Quadro 9: Estratificação do indicador I: Assistência Técnica.	35
Quadro 10: Estratificação do indicador II: Defensivos Agrícolas.	35
Quadro 11: Combinação das classes de risco dos dois indicadores, assistência técnica (Ind. I) e uso de defensivos agrícolas (Ind. II).	36
Quadro 12: Combinação dos planos de informação do risco de erosão e da adequação do uso e ocupação (Adeq.).	38
Quadro 13: Combinação dos planos de informação risco de erosão/adequação e procedimento agrícola.	39
Quadro 14: Erodibilidade dos solos da bacia do rio Jundiaí Mirim.	42
Quadro 15: Tolerância a perda dos solos da bacia do rio Jundiaí Mirim.	46
Quadro 16: Distribuição relativa, em porcentagem, das classes de risco de erosão em relação à área total da bacia em estudo.	48
Quadro 17: Subgrupos de aptidão agrícola das terras da bacia do rio Jundiaí-Mirim.	52
Quadro 18: Distribuição relativa dos principais usos do solo, segundo RAMALHO FILHO & BEEK (1995).	53
Quadro 19: Áreas de expectativas de risco.	58
Quadro 20: Áreas de expectativas de risco na área variável de afluência em cada sub bacia.	61
Quadro 21: Distribuições do uso nas áreas com alta expectativa de risco da área variável de afluência.	72

LISTA DE FIGURAS DO APÊNDICE II

Figura 1: Área variável de afluência da sub bacia Córrego Albino.....	82
Figura 2: Área variável de afluência da sub bacia Córrego Ananas.....	82
Figura 3: Área variável de afluência da sub bacia Córrego do Areião.....	83
Figura 4: Área variável de afluência da sub bacia Caxambu.	83
Figura 5: Área variável de afluência da sub bacia Caxambuzinho.....	84
Figura 6: Área variável de afluência da sub bacia Parque Centenário.	84
Figura 7: Área variável de afluência da sub bacia Horto.	85
Figura 8: Área variável de afluência da sub bacia Córrego Albino.....	85
Figura 9: Área variável de afluência da sub bacia Córrego do Perdão.....	86
Figura 10: Área variável de afluência da sub bacia Pinheirinho.	86
Figura 11: Área variável de afluência da sub bacia Córrego Ponte Alta.....	87
Figura 12: Área variável de afluência da sub bacia Represa Nova.	87
Figura 13: Área variável de afluência da sub bacia Ribeirão Soares.	88
Figura 14: Área variável de afluência da sub bacia Ribeirão do Tanque.	88
Figura 15: Área variável de afluência da sub bacia Ribeirão da Toca.	89
Figura 16: Área variável de afluência da sub bacia Córrego da Roseira.....	89
Figura 17: Área variável de afluência da sub bacia Tarumã.	90
Figura 18: Área variável de afluência da sub bacia Calha.	90

RESUMO

O gerenciamento de recursos hídricos compreende um conjunto de fatores como: análises qualitativas e quantitativas, tomada de decisão, ações preventivas e/ou corretivas. Dentro do contexto da proteção dos recursos hídricos as medidas disciplinadoras do uso do solo na bacia apresentam alta eficiência e eficácia. A qualidade final nos corpos d'água reflete necessariamente as atividades que são desenvolvidas em toda a bacia, cada um dos usos do seu espaço físico produz um efeito específico e característico. Assim, o presente trabalho teve como objetivo principal realizar uma análise qualitativa dos recursos hídricos da bacia do rio Jundiáí Mirim, esta unidade hidrográfica em estudo está inserida na UGRH5 (rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí) e possui uma área de 11750ha, sendo o principal manancial de abastecimento do município de Jundiáí. O método desenvolvido baseou-se em planos de informação do meio físico, do sistema de produção e do procedimento agrícola. O resultado final apresentou a delimitação da expectativa de risco de degradação da bacia do rio Jundiáí Mirim, com enfoque para as áreas de acumulação de água (zona ripária), fundamentais para a manutenção qualitativa e quantitativa dos corpos d'água ao longo da bacia. A estratificação das expectativas de risco de degradação em classes e a divisão da unidade hidrográfica em estudo em áreas menores (sub bacias) são importantes ferramentas para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Verificou-se que a bacia do rio Jundiáí Mirim apresenta 10,9% da área com baixa expectativa de risco, 47,5% com média expectativa de risco e 41,6% da área com alta expectativa de risco. A combinação dos planos de informação das áreas de acumulação de água, ou área variável de afluência, e da expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos mostrou que 10 sub bacias apresentam na área variável de afluência com alta expectativa de risco, ocupações superiores a 70% representadas por áreas industriais e/ou urbanas, 3 sub bacias apresentam ocupações entre 50% e 70% representadas por atividades industriais e/ou urbanas e 5 sub bacias apresentam ocupações inferiores a 50% representadas por atividades industriais e/ou urbanas. Estes dados servem de base para o início da elaboração de um plano gestor dos recursos hídricos deste manancial de abastecimento do município de Jundiáí.

Palavras-chave: degradação ambiental, recursos hídricos, recursos hídricos – planejamento.

ABSTRACT

The water resources management enrolls a bunch of factors such as: qualitative and quantitative analyses, taking decision, avoidable and/or preventable actions. In the field of water resources protection the disciplinary measures of soil use on watershed presents high efficiency. The streams final water quality necessarily reflects the activities that are developed and whole watershed, each one way we use the soil produces a specific and characteristic effect. This way, the present work had as main objective provide qualitative analysis of the Jundiaí Mirim's river water resources, this watershed study is inside UGRH5 (Piracicaba, Capivari e Jundiaí rivers) and an area of 11750ha, being it's main water source from Jundiaí county. The developed method was based on information on physical environment, production system and agricultural procedure plans. The final result presented the delimitation of the expectancy risk of Jundiaí Mirim watershed degradation, with focus on water accumulation areas (riparian zone), fundamental to the qualitative and quantitative maintenance of the streams along the watershed. The risk expectancy stratification and the division of the watershed in minor areas (sub watershed) are important tools on water resources planning and management. We could verify that Jundiaí-Mirim watershed presents 10.9% of its area with low risk expectancy, 47.5% with medium risk expectancy and 41.6% with high-risk expectancy. The combination of the information plans of water accumulation areas and the risk expectancy degradation of water resources shown 10 sub watershed with affluence variable area with high expectancy risk, superior occupations over 70% represented by industrial areas and/or urban, 3 sub watershed presented occupations from 50% to 70 % represented by industrial and urban activities and 5 sub watershed presented occupations below 50% represented by industrial and urban activities. These data may be useful to start preparing a water resources management plans to Jundiaí-Mirim watershed.

Keywords: risk, environmental degradation, water resources, planning.

I. Introdução

A expansão demográfica nas últimas duas décadas, principalmente próxima aos grandes centros, tem sido motivo de estudo e preocupação de especialistas de diversas áreas na preservação e conservação dos recursos naturais. Em especial, os recursos hídricos, em função da disponibilidade cada vez mais escassa, tanto qualitativa quanto quantitativamente, e a demanda crescente por este recurso natural.

Segundo PORTO (1991), a proteção dos recursos hídricos depende fundamentalmente de medidas disciplinadoras do uso do solo na bacia. A disponibilidade nos corpos d'água reflete necessariamente as atividades que são desenvolvidas em toda a bacia, cada um dos usos do seu espaço físico produz um efeito específico e característico. A ocupação das terras nas bacias hidrográficas é objeto de interesse de diversas instituições governamentais, que são responsáveis pela definição de políticas para o desenvolvimento sócio-econômico do território.

Em especial, a ocupação agrícola exige que se estabeleçam políticas, não apenas direcionadas ao incremento da produção, mas também que preservem as condições ambientais, em especial os solos e os recursos hídricos. O uso inadequado do solo potencializa os processos erosivos, a redução na fertilidade, a alteração na qualidade da água, assoreamento dos corpos d'água e reservatórios (LUDOVICE et al., 2003).

Dentre as muitas substâncias químicas encontradas nas águas abastecimento público, os agroquímicos ocupam uma posição importante, uma vez que estas substâncias são empregadas em vastas áreas agrícolas para controle de pestes e/ou pragas nas culturas (YOUNES & GALAL-GORCHEV, 2000). Conseqüentemente, o uso de agroquímicos exige uma seleção cuidadosa do produto e, principalmente, da dosagem de aplicação, que deve ser estabelecida por um profissional qualificado. Estas precauções podem minimizar os impactos negativos sobre os recursos hídricos, o meio ambiente e os seres humanos.

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos não devem estar restritos apenas aos problemas específicos da água, mas sim abranger outras questões representativas, tais como: recursos naturais e a dinâmica socioeconômica da região. Esses fatores são fundamentais para estabelecer prioridades quanto a utilização da água e a definição das metas para tais fins.

Os gestores de recursos hídricos devem orientar suas decisões utilizando dados quantitativos quanto qualitativos (caso das cartas de expectativa de risco). No caso específico dos dados qualitativos baseiam-se as primeiras decisões, como por exemplo: em quais áreas da unidade hidrográfica deve-se agir primeiro e quais ações serão prioridades para redução dos impactos negativos nos cursos d'água.

Neste contexto, as técnicas de geoprocessamento, incluindo sensoriamento remoto e integração de dados em ambientes computacionais e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas que possibilitam a coleta e análise de informações temáticas e oferecem subsídios ao planejamento agrícola e ambiental.

II. Objetivos e Justificativas

2.1. Objetivos

Determinar expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Jundiaí Mirim baseado nas informações:

- Potencial Natural de Erosão (PNE);
- Aptidão agrícola das terras;
- Procedimentos agrícolas.

Identificar as áreas de acumulação de água – área variável de afluência.

Proposta de um planejamento para a gestão dos recursos hídricos desta unidade hidrográfica.

2.2. Justificativas

A caracterização e avaliação da expectativa de risco de degradação, deste manancial de abastecimento do município de Jundiaí, possibilitam a formação de dados de base para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Jundiaí Mirim. A definição e combinação de diferentes planos de informações, tais como: uso do solo, potencial natural de erosão, aptidão agrícola das terras, procedimento agrícola e área variável de afluência; em ambiente computacional e com auxílio das técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) podem caracterizar e diagnosticar áreas que mereçam ações imediatas e prioritárias em relação à bacia como um todo, possibilitando maior proximidade da realidade e das atuais condições desta unidade hidrográfica.

III. Revisão Bibliográfica

3.1. Planejamento e Gestão dos Recursos hídricos

O planejamento dos recursos hídricos deve ser compatível com sistema hídrico físico, com o sistema econômico (que gera a demanda da água) e com o sistema político (que toma as decisões). Estes três sistemas são extremamente complexos, portanto a modelagem destes sistemas é, freqüentemente, uma questão de difícil abrangência. O sistema físico é caracterizado pelas complexidades hidrológicas, físicas, biológicas e químicas, enquanto os sistemas econômicos e políticos introduzem outras complexidades, resultantes do envolvimento social (COHON, 1978).

Segundo COHON (1978), no passado o gerenciamento da qualidade da água concentra-se em um único uso: a capacidade dos corpos d'água assimilarem despejos municipais, industriais e efluentes de áreas agrícolas adjacentes. Assim, outros usos da água fazem parte deste problema, pois a qualidade da água pode impedir alguns usos ou torná-los inviáveis economicamente. Desta maneira, por exemplo, o abastecimento de água urbano e industrial pode impedir algumas atividades como, pesca e recreação.

3.2. Qualidade da Água e Interferências Antrópicas

Segundo JUCHEM (1999), embora a água seja considerada como recurso natural renovável, a sua disponibilidade está em risco. Esse risco ocorre das ações da própria natureza como principalmente pelo incremento da demanda em suas várias formas e, em particular, pelo aumento da poluição hídrica que vem prejudicando, em especial, o abastecimento para fins de consumo humano.

Segundo VON SPERLING (1996), a qualidade da água é resultante de dois fatores:

- *Condições naturais* – mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas e superficiais é afetada, principalmente, pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O impacto na qualidade destas águas apresenta relação direta do contato das águas de escoamento, de infiltração e de percolação, com as partículas e substâncias no solo;

- *Interferência do homem* – a interferência do homem, quer de forma de lançamentos concentrados de efluentes, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de forma dispersa, como a mobilização de defensivos agrícolas no solo, pelo escoamento superficial (carga difusa). Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água.

3.3. Influência da Preservação e Restauração da Mata Ciliar na Qualidade da Água

A mata ciliar apresenta um papel fundamental e estratégico na preservação da qualidade da água, na conservação da biodiversidade formando corredores interligando os remanescentes de matas já existentes.

A importância da preservação ou recuperação das matas ciliares, sob ponto de vista de conservação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, deve-se ao fato desta formação vegetal atuar como sistema tampão e filtro de nutrientes e sedimentos das áreas adjacentes, agrícolas ou urbanas, evitando que as cargas difusas cheguem até os cursos d'água, contaminando-os (alterando sua qualidade).

LIMA & ZAKIA (2000) faz uma abordagem em relação à hidrologia das matas ciliares, indicando que degradação desta formação vegetal pode, a médio e longo prazo, reduzir a capacidade de armazenamento de água da bacia hidrográfica (recarga), e conseqüentemente a vazão na época de estiagem.

As florestas que ocupam as zonas ripárias são denominadas de matas ripárias ou ciliares, estas formações vegetais apresentam as seguintes funções hidrológicas, segundo LIMA (2000):

- Controle do escoamento direto em bacias hidrográficas;
- Contribuição ao aumento da capacidade de armazenamento da água na bacia, ao longo da zona ripária, contribuindo para o aumento da vazão na estação seca;
- Manutenção da qualidade da água na bacia, considerando a filtragem superficial de sedimentos, diminuição significativa da concentração de substâncias utilizadas na produção agrícola nos cursos d'água, retenção, pelo sistema radicular da mata ciliar, de nutrientes liberados dos ecossistemas terrestres.

A zona ripária foi descrita na literatura científica, a pouco mais de um século, como interfaces entre ecossistemas onde ocorrem mudanças estruturais e funcionais descontínuas, espacial ou temporalmente, nas propriedades dos sistemas. Usualmente são usados, na literatura científica, os termos interfaces, ecótonos e fronteiras como sinônimos de zona ripária (NAIMAN & DÉCHAMPS, 1997).

Em geral, uma interface pode ser visualizada analogamente a uma membrana semipermeável que regula o fluxo de energia e de material entre ecossistemas adjacentes. A função desempenhada pela zona ripária é a de controlar as fontes não pontuais de poluição, cargas difusas, como sedimentos e nutrientes nos cursos d'água em bacias hidrográficas, predominantemente, agrícolas (NAIMAN & DÉCHAMPS, 1997).

As zonas ripárias podem agir para absorver nutrientes, dessa maneira atuar como filtros e proporcionar um incremento na qualidade da água. Em ambas situações, como uma barreira linear entre as superfícies mais altas e o corpo d'água, quanto durante as enchentes sobre as margens, quando os nutrientes já no corpo da água podem ser filtrados (MALANSON, 1995).

KARR & SCHLOSSER'S (1978) demonstraram que a interface entre o meio terrestre e o meio aquático reduz a movimentação de nutrientes para os corpos d'água, conduz ao entendimento do papel desempenhado pela zona ripária no controle de fontes não-pontuais de poluição por sedimentos e nutrientes em bacias hidrográficas.

Tanto a face terrestre quanto a face aquática da zona ripária são os locais principais para regulação e diminuição do transporte do nitrogênio inorgânico e do fósforo pelo escoamento subsuperficial para o corpo d'água. Sedimentos e poluentes transportados através dos escoamentos são depositados em florestas maduras ou em gramíneas localizadas nas margens dos rios, a captura de sedimentos é facilitada pelo escoamento subsuperficial, o qual permite a deposição de partículas e previne a erosão ao longo do corpo d'água, pelo acúmulo de sedimentos (NAIMAN & DÉCHAMPS, 1997).

NAIMAN & DÉCHAMPS (1997) explicam a ação das florestas, pelo acúmulo desses nutrientes, como consequência do aumento da transpiração, quando o fluxo de massa, para o sistema radicular, é estimulado ou através de adaptações morfológicas e fisiológicas de muitas espécies tolerantes ao encharcamento, o que possibilita a captação de nutrientes sob baixa presença de oxigênio. Essas funções da floresta ripária podem ser comprometidas pela

restrição das plantas ao acesso a água, pela variação, nas diferentes épocas do ano, da necessidade da planta, relacionada a sua fenologia, de captar e liberar nutrientes e pela redução na habilidade de sequestrar nutrientes de florestas maduras. Já a captação microbiana, inicia-se pelo processo de imobilização de nutrientes dissolvidos, seguido pelo crescimento celular, morte e decomposição, e eventual liberação de nutrientes. O nitrogênio, que tem um caminho alternativo, envolvendo outros processos, como a desnitrificação, é o elemento mais importante para muitas florestas ripárias.

Variações climáticas (estações do ano) e áreas úmidas criam condições ambientais que desafiam, até mesmo, as espécies mais tolerantes. Aproximadamente, todo ano, a maioria das plantas ripárias está sujeitas a inundação, erosão, abrasão, seca, congelamento e, ocasionalmente, concentrações tóxicas de amônia além dos desafios bióticos normais (MALANSON, 1995).

MALANSON (1995) apresenta uma classificação para as plantas ripárias, divide-as em 4 grandes categorias de adaptações funcionais. Esta classificação é útil para compreensão dos processos que conduzem a sucessão e a distribuição padrão da floresta ripária.

- Invasoras: produzem grandes quantidades de esporos, que são disseminados pelo vento e pela água, que colonizam os substratos aluviais;
- Tolerantes: regeneram depois de danos físicos (quebra, incêndios moderados, etc.), tanto do caule ou das raízes, mesmo depois de parcialmente comidas (herbívoros);
- Resistentes: suportam eficientemente enchentes, incêndios moderados ou epidemias, por semanas, durante a temporada de crescimento;
- Preventivas: apresentam falta de adaptações para tipos específicos de distúrbios, germinações individuais não sobrevivem em habitats desfavoráveis.

A tolerância das árvores a inundações inclui adaptações morfológicas e fisiológicas. Entretanto, as espécies da zona ripária apresentam uma grande variedade de respostas às inundações. Por exemplo, nas florestas tropicais de galeria do Brasil, *Sebastiana klotzchyana* acelera a glicólise com o etanol como o maior produto final do metabolismo anaeróbico, mas sem traços detectáveis do oxigênio difuso no sistema radicular, enquanto *Hymenaea courbaril* mantém o metabolismo aerado nas raízes (com decréscimo de 50% no metabolismo) através do oxigênio difuso proveniente do sistema radicular (subsolo). *Chorisia speciosa* desenvolve lenticelas hipertróficas que incrementam a aeração do sistema radicular, entretanto esta

espécie não atinge o metabolismo completo. Já a espécie *Schyzolobium parahyba* que não acelera suficientemente a glicólise para manter a taxa de produção de energia requerida pelas raízes, portanto não se desenvolve neste ambiente (MALANSON, 1995).

De acordo com dados experimentais citados por NAIMAN & DÉCHAMPS (1997), as áreas ripárias removem 80 – 90% dos sedimentos oriundos das áreas agrícolas na Carolina do Norte. Em análise a vários relatos experimentais, este mesmo autor cita a estimativa de retenção de nutrientes pela vegetação em 77 e 10kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de nitrogênio (N) e fósforo (P), respectivamente. Potencialmente, as taxas de N podem ser maiores, como por exemplo, 213kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ assimilados pelo Álamo (*Populus nigra*) quando fertilizados com efluentes ricos em nutrientes, a uma taxa de 400kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ durante três (3) anos.

MORAES et al (2002), constataram, em doze (12) pontos de coleta de amostras ao longo da bacia do rio Jundiaí Mirim, que os valores, em todos os pontos monitorados durante dois (2) anos, do nitrogênio amoniacal e do fósforo total estavam acima do limite estabelecido pela CETESB (inferior a 0,02mg.L⁻¹ e 0,025mg.L⁻¹, respectivamente), atingindo valores de 0,1 a 3,3mg.L⁻¹ para o nitrogênio amoniacal e 0,3 a 1,48mg.L⁻¹ para o fósforo total. Estes níveis elevados de fosfatos estão relacionados diretamente à contaminação proveniente de fertilizantes carregados durante o processo erosivo, devido aos cultivos agrícolas próximos às margens dos rios desprovidas de mata ciliar.

Segundo NAIMAN & DÉCHAMPS, (1997), o manejo agrícola adequado, em bacias hidrográficas, é uma ferramenta importante no controle de cargas difusas. A associação de práticas agrícolas adequadas com a manutenção da zona ripária, para a interceptação do escoamento superficial e sub superficial pela vegetação em diferentes estágio de sucessão é fundamental para a manutenção, a longo prazo, da vitalidade de filtragem da zona ripária. Os autores ressaltam que as características do solo influenciam na eficiência da zona ripária no processo de filtragem de nutrientes e outras substâncias utilizadas na produção agrícola, como os agroquímicos.

Uma das fontes não pontuais de poluição que tem exigido atenção especial dos pesquisadores são os agroquímicos, em especial, os pesticidas e os herbicidas, devido ao seu impacto na saúde humana, nos recursos hídricos e na fauna. Estas substâncias são transportadas para os corpos d'água pelos escoamentos superficial e subsuperficial,

conseqüentemente, faz-se necessário a adoção de práticas conservacionistas para o uso do solo, para minimizar tal problema (LUDOVICE, 2003).

LUDOVICE et al (2003) avaliaram a eficácia de faixas-filtro, utilizando braquiária (*Brachiaria decumbens*), de comprimentos de 0, 5 e 10m na redução de atrazina em água de escoamento provinda de áreas cultivadas com milho, gerada por 4 chuvas simuladas. Essas faixas simulam o comportamento das zonas ripárias. Os autores observaram a redução dos valores mobilizados e transportados de atrazina, demonstrando a eficiência dessa faixa, sendo que a faixa de 5m reduziu, em relação à parcela sem faixa (0m de comprimento), nos 4 eventos de chuva simulada, um total de 73,8% da atrazina aplicada ao solo; já na de 10m os valores de redução foram superiores, 89,7%, a qual foi obtida a partir do aumento efetivo da infiltração da água do escoamento superficial na faixa-filtro. Entretanto, para os valores de concentração, não se observou reduções efetivas, ficando evidente que a faixa vegetada pode ser eficiente na redução de substância em diluição na água, como no caso da atrazina sem provocar, no entanto, diminuição das concentrações presentes.

PINAY et al (1995), comenta que solos arenosos da zona ripária podem reter 32% do total de nitrogênio orgânico durante uma enchente, entretanto solos argilosos podem reter 70%.

Apesar dos inegáveis benefícios que representam para todo o ecossistema, as matas ciliares do Estado de São Paulo encontram-se, em sua maior parte, extremamente degradadas, devido principalmente às ações antrópicas indiscriminadas (OLIVEIRA, 2003).

3.4. Uso de agroquímicos e recursos hídricos

Os agroquímicos compreendem diferentes classes, incluindo inseticidas, fungicidas e herbicidas, em conjunto com uma série de outras substâncias, como os hormônios reguladores de crescimento para plantas. Estas substâncias químicas deveriam interagir apenas com os organismos a serem combatidos, no entanto isto não ocorre e os outros organismos, incluindo os seres humanos, que não deveriam ser alvo destas ações tóxicas acabam sendo afetados direta e indiretamente (YOUNES & GALAL-GORCHEV, 2000).

YOUNES & GALAL-GORCHEV (2000) ressaltam que a toxicidade dos agroquímicos para os seres humanos abrange os efeitos em curto prazo (críticos) tanto quanto os efeitos em longo prazo. Em termos de efeitos em curto prazo um grande número de agroquímicos

manifesta suas ações toxicológicas, funcionais e bioquímicas, no sistema nervoso central e periférico. Já para os efeitos em longo prazo há evidências que a exposição prolongada a algumas substâncias estão vinculadas a algumas doenças crônicas, incluindo câncer.

Atualmente, os efeitos danosos dos agroquímicos nas fontes de abastecimento público de água representa uma preocupação importante para os gestores de recursos hídricos. Assim, com a finalidade de minimizar a contaminação dos corpos d'água é importante conhecer os mecanismos de transportes e decomposição desses elementos químicos durante sua trajetória (HUBER et al., 2000).

Em escala de bacia hidrográfica o principal problema está na determinação da movimentação e armazenamento dos agroquímicos, nas águas subterrâneas e nos corpos d'água superficiais adjacentes às áreas cultivadas (ZALIDIS et al, 2002). Muitas destas substâncias permanecem (persistentes) no meio ambiente apresentando um potencial de contaminação do meio ambiente e, em especial, das águas de abastecimento público (YOUNES & GALALGORCHEV, 2000).

3.5. Aspectos Legais Aplicáveis à Restauração de Florestas de Preservação Permanente e de Reserva Legal

O proprietário rural está legalmente obrigado a recuperar os solos e os ecossistemas degradados em suas terras. Há situações, no entanto, em que ações de recuperação são uma prioridade. Este é o caso das Florestas e demais formas de vegetação natural de Preservação Permanente, localizadas nas Áreas de Preservação Permanente (APP's), bem como, da vegetação natural que deveria ser mantida em 20% da área total de cada propriedade imóvel rural, porção denominada Reserva Legal (RL) (ARHENS, 2001).

O Código Florestal brasileiro foi instituído pela Lei nº 4.771, de 15-09-1965. Ao proteger as florestas (naturais ou plantadas) existentes no território nacional, essa lei também protege os solos (contra erosão) e as águas dos rios, lagos e lagoas (contra o assoreamento com sedimentos resultantes da erosão). Por esse motivo institui-se, por lei, a obrigatoriedade de preservação das Florestas e demais formas de vegetação natural de Preservação Permanente e que devem estar localizadas em locais denominados Áreas de Preservação Permanente (APP's) (ARHENS, 2001).

Em seu Art. 2º, o Código Florestal estabelece que:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será (Quadro 1);*
- b) ao redor das lagoas, lagos o reservatórios d'água naturais ou artificiais;*
- c) no topo de morros, montes, montanhas e serras;*
- d) nas encostas com declividade superior a 45 graus;*
- e) nas restingas, para a fixação de dunas e estabilização de mangues;*
- f) nas bordas dos tabuleiros e chapadas, em faixas nunca inferiores a 100 metros, em projeção horizontal;*
- g) em altitude superior a 1.800 metros.*

Quadro 1: Largura das áreas de preservação permanente (APP's) em função da largura dos rios.

Largura do rio (m)	Largura da APP (m)*
Menos que 10	30
Entre 10 e 50	50
Entre 50 e 200	100
Entre 200 e 600	200
Acima de 600	500

*largura mínima, em cada margem e em projeção horizontal (a APP inicia-se no limite “leito maior sazonal” ou cota de máxima inundação).

Estas formações vegetais, mesmo sendo protegidas por lei há mais de 3 (três) décadas, vem sendo degradadas intensamente, no Estado de São Paulo, seja para extração de madeira, para exploração agropecuária e principalmente pela ação antrópica desordenada (VAZ da SILVA, 2002).

Especificamente para o Estado de São Paulo, no tocante a recuperação das matas ciliares, a Lei Estadual 9.989/98 prevê a obrigatoriedade da restauração desta formação florestal pelos proprietários ao longo dos rios, cursos d'água; ao redor dos lagos, lagoas, reservatórios artificiais ou naturais e também nas nascentes e olhos d'água.

Segundo VAZ da SILVA (2002), a necessidade de restauração das matas ciliares apóia-se na Lei nº 8.171/91 – Lei da política agrícola – que determina a recuperação gradual desta formação vegetal (APP's), estabelecendo um período de 30 (trinta) anos para recompor a vegetação nativa onde esta foi eliminada. Este mesmo autor faz uma ressalva, embora haja amparo legal à restauração destes ecossistemas não realizada pelos produtores, devido ao alto custo de implantação das florestas, uma vez que esta atividade não pode gerar renda ao produtor, pois sua função é apenas de preservação.

MELO (2004) cita os valores estimados para recuperação da mata ciliar, estes custos variam de US\$1.757,00 a US\$2.569,00, sendo uma das maiores limitações para execuções dos plantios de recuperação desta formação vegetal. Este mesmo autor enfatiza que não há programas de grande abrangência para financiamento da recuperação nem mesmo da conscientização de sua importância, restando aos agricultores arcarem com a iniciativa e custeio da recuperação.

3.6. Fundamentos Ecológicos para o Planejamento da Restauração Florestal

A restauração florestal procura retornar uma porção degradada da paisagem a uma condição mais próxima possível da original, tanto no aspecto estrutural quanto funcional do ecossistema, de forma a permitir que uma comunidade evolua e a sucessão natural ocorra. Por isso, é necessário conhecer profundamente o ambiente em que se pretende intervir. A restauração é indicada para Áreas de Preservação Permanente e outros locais com finalidade de preservação.

Segundo FERRETTI et al (1995), os mecanismos de recuperação são fundamentais e úteis para entender como a floresta se forma e desenvolve-se. Estes orientam a escolha e o manejo das espécies. Uma boa compreensão dos mecanismos permite desenvolver modelos de restauração mais eficientes e com menor custo. O modelo de plantio deve respeitar as características ecológicas e fisiológicas das espécies, como tolerância à sombra, estratégia de regeneração, ritmo de crescimento, tempo de vida, dentre outros. Porém, nem sempre a restauração requer o plantio de mudas, podendo-se, simplesmente, dar condições para a ocorrência da regeneração natural.

No final da década de 80, no Brasil, a metodologia adotada, desde então, procura imitar as condições naturais para revegetação da mata ciliar e a sucessão secundária uma

importante diretriz para recuperação de qualquer área alterada por uso antrópico (MELO 2004).

Segundo MELO (2004), um importante passo para o manejo da recuperação de áreas degradadas, sob os aspectos ecológicos e econômicos, é a identificação de espécies nativas capazes de se desenvolver nesta condição, para tal escolha devem ser considerados os fatores: necessidade de adaptação as condições de fertilidade, eventuais situações de déficit hídrico e a capacidade de competição com as plantas invasoras.

As matas ciliares são um importante ecossistema, assumindo funções essenciais na manutenção, tanto qualitativamente quanto quantitativamente, dos recursos hídricos. Para tanto várias técnicas de reflorestamento destas áreas foram desenvolvidas, também criaram-se instrumentos legais, público e privado, para tal.

Considerando estes esforços e o longo prazo para estabilização dos processos ecológicos dos sistemas florestais, até as áreas de recuperação mais antigas devem ser consideradas como áreas teste, uma vez que os resultados considerar-se-ão atingidos quando o processo de sucessão artificial for dado por completo (MELO, 2004). Este mesmo autor ressalta que há uma tendência mundial em avaliar a eficácia da restauração em áreas degradadas, fundamentada no desenvolvimento sustentável a necessidade da quantificação e valoração dos bens e serviços ambientais.

3.7. Modelos que Auxiliam a Avaliação dos Riscos de Degradação dos Recursos Hídricos

A degradação dos recursos naturais, principalmente do solo e da água, vem crescendo assustadoramente, atingindo, hoje, níveis críticos que se refletem na deterioração do ambiente, no assoreamento e na poluição dos cursos e dos espelhos d'água, com prejuízos para a saúde humana e animal, na destruição de estradas, de pontes, na geração de energia, na disponibilidade de água para irrigação e para abastecimento, na redução da produtividade agrícola, na diminuição da renda líquida e, conseqüentemente, no empobrecimento do meio rural, com reflexos danosos para economia nacional (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Para obtenção de resultados amplos, que visem o aproveitamento integrado dos recursos naturais utiliza-se, como unidade básica de trabalho, bacia hidrográfica, na qual pode

integrar os interesses de diversos segmentos da sociedade considerando o abastecimento, saneamento, uso e ocupação do solo, proteção e preservação do ambiente.

Diversas metodologias são aplicadas para avaliar os riscos de degradação dos recursos hídricos, diretas e indiretas, as quais possibilitam, uma perspectiva maior da realidade de uma determinada área. As metodologias indiretas que forneçam subsídios para uma avaliação qualitativa desses impactos, tais como: avaliação do potencial natural de erosão; avaliação do manejo agrícola; avaliação das fontes indiretas de poluição hídrica, através da caracterização do processo produtivo, entre outros.

3.7.1. Modelos que Descrevem Perdas de Solo Agrícolas

A estimativa de perdas de solo por erosão hídrica considerando equações empíricas representa uma ferramenta importante para seleção de práticas de conservação do solo em áreas cultivadas, contribuindo, assim, para o planejamento de uso das terras (CAVALIERI, 1994).

O conhecimento de fatores que, de forma combinada, determinam a erosão é indispensável para o planejamento de atividades que tem como objetivo a conservação do solo e da água (CAVALIERI, 1994).

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), os primeiros trabalhos para desenvolver as equações que avaliassem as perdas de solo de uma área datam de 1940, na região do Corn Belt dos Estados Unidos.

Durante anos, diversas tentativas tem sido feitas para quantificar o efeito da erosão e de práticas de plantio, a qual possibilitaria a erosão ser prevista para determinadas circunstâncias (HUDSON, 1981).

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), descrevem a evolução dos modelos matemáticos para avaliação de perdas de solo e a introdução de variáveis tais como: práticas conservacionistas, erodibilidade do solo, precipitação. Estas variáveis foram sendo estudadas e introduzidas visando adaptar o modelo do Corn Belt a outras áreas cultivadas.

A partir da criação, em 1954, do Runoff and Soil – Loss Data Center, pelo Agricultural Research Service dos Estados Unidos da América, em cooperação com a Universidade de Purdue, é que foi desenvolvida a equação mais difundida atualmente, a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) (CAVALIERI, 1994).

A erosão do solo é influenciada por diferentes variáveis. A essência da EUPS é isolar cada variável e reduzir seu efeito a um número e quando estes números são multiplicados, entre si, obtém-se a quantidade de solo perdida (HUDSON,1981).

3.7.1.1. Potencial Natural de Erosão

A erosão é causada por forças ativas, como as características da chuva, declividade e comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água, e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal (SUAREZ DE CASTRO,1956).

Além dos dados sobre os totais de perdas de solo ocasionados pela erosão, deve-se ter em mente as quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e outros nutrientes arrastados pela enxurrada. A remoção de materiais mais grossos como areia e cascalhos é muito menos prejudicial que a lavagem do material coloidal orgânico e inorgânico e dos nutrientes em solução. Assim, os processos de erosão devem levar em conta questões importantes em relação aos volumes mobilizados (quantitativos) e os aspectos qualitativos relacionados (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Quando se analisa o potencial de mobilização e transporte de sedimento, pode-se ter uma indicação de outros aspectos que influenciam a qualidade do meio receptor. Desta maneira, será possível a partir a utilização de modelos de previsão de potencial de formação de sedimentos, como o potencial natural de erosão, obter informações do potencial de formação de outras cargas difusas.

O potencial natural de erosão é uma simplificação da Equação Universal de Perdas de Solo, onde apenas são considerados os fatores: erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento do declive (L) e grau de declive (S).

$$PNE = R \times K \times L \times S \quad (1)$$

Esta grandeza expressa a suscetibilidade de determinada área à erosão, indicando onde ocorreria maior ou menor erosão, sem levar em consideração os fatores antrópicos, cobertura vegetal e práticas conservacionistas (BRANDÃO, 2000).

3.7.1.2. Equação Universal de Perdas de Solo

Um plano para conservação de solo e água requer o conhecimento das relações entre os fatores que causam perdas de solo e água e as práticas que minimizem tais perdas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

A equação desenvolvida por WISCHMEIER & SMITH (1978) expressa a ação dos principais fatores que influenciam a erosão pela chuva.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (2)$$

Em que:

A é a perda de solo calculada por unidade de área, (t/ha);

R é o fator chuva: erosividade da chuva, (MJ/ha.mm/ha);

K é o fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m, (t/ha/(MJ/ha.mm/ha));

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

S é o 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 é fator uso e manejo: relação de perdas de solo entre 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 é o fator prática conservacionista: relação de perdas de solo entre um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo.

SIVIERO (2003) aplicou a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) em uma área de drenagem que corresponde a um trecho do rio Atibaia e constatou um incremento de 0,5Mg/ha nas perdas de solo da região em estudo, no período de 1993 a 1999, concluindo que este acréscimo é resultado da atividade antrópica acentuada, principalmente, no que diz respeito ao uso e manejo do solo.

CAVALIERI (1994), estimou valores para erodibilidade de 21 unidades de solo identificadas nos levantamentos pedológicos semidetalhados do Estado de São Paulo, a partir de métodos indiretos utilizando o método de regressão múltipla. O autor concluindo que estes métodos indiretos apresentaram um bom potencial de aplicação, principalmente aqueles que ajustados a partir de solos que tenham erodibilidade determinada por métodos diretos. Entretanto faz uma ressalva para uma aplicação mais segura, um número maior de solos deve ser utilizado para ajuste do modelo e também sobre a necessidade de um detalhamento maior de cada propriedade do solo representada.

GÓMEZ (2003) utilizou a equação universal de perdas de solo revisada, EUPSR por RENARD et al (1997) em pomares de oliveira no sul da Espanha, para quantificar as perdas de solo para diferentes tipos de cobertura vegetal, preparo convencional do solo e áreas sem nenhum preparo e declividade dos terrenos. O autor concluiu que as mudanças na cobertura vegetal apresentaram uma maior eficiência no controle da erosão, enquanto que as áreas sem nenhum preparo tiveram as maiores taxas de perda de solo. As áreas com preparo convencional apresentaram taxas intermediárias de perdas de solo entre as outras duas práticas citadas anteriormente.

3.7.2. Capacidade de Uso do Solo

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), a classificação da capacidade de uso do solo visa estabelecer bases para o seu melhor aproveitamento. O método envolve a avaliação das necessidades para vários usos que possam ser dados um determinado terreno. As classes de capacidade de uso do solo deverão ser utilizadas como base sobre a qual os fatores econômicos e sociais devem ser considerados ao elaborar modificações no uso do solo.

O sistema de capacidade de uso é uma classificação técnico-interpretativa, originalmente desenvolvida nos Estados Unidos, representando um grupamento qualitativo de tipos de solos sem considerar a localização ou as características econômicas da terra (LEPSCH et al.,1991).

A determinação da capacidade de uso da terra é uma poderosa ferramenta para planejamento de uso do solo, pois considera uma coleção lógica e sistemática de dados, que podem ser utilizadas de forma direta e eficiente pelo planejador. Evidentemente, por si só, ela, não fornece todos os elementos necessários ao planejamento das atividades a serem

desenvolvidas, pois deve-se ainda considerar os aspectos econômicos, políticos e sociais (LEPSCH et al.,1991).

YOUNG (2000), utilizou o sistema de capacidade de uso das terras como um indicador ambiental, em duas bacias hidrográficas, para fins de identificação das unidades de paisagem e na determinação de diretrizes, durante o processo de zoneamento ambiental. O autor considera, que a metodologia apresenta um grande potencial como instrumento de percepção amplo, é necessária a utilização de outros indicadores, para obtenção de dados mais precisos e que garantam que as intervenções mais eficientes e harmoniosas com o meio.

3.7.3. Aptidão Agrícola das Terras

A interpretação de levantamento de solos é uma tarefa de maior relevância para utilização racional desse recurso natural, na agricultura e em outros setores, que utilizam o solo como elemento integrante de suas atividades. Assim, podem ser realizadas interpretações para atividades agrícolas, classificando-se as terras de acordo com sua aptidão para diversas culturas, sob diferentes condições de manejo e viabilidade de melhoramento, considerando novas tecnologias (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

A classificação da aptidão agrícola das terras deve ser utilizada para fins de planejamento regional e nacional e não, necessariamente, um guia de utilização para obtenção do máximo benefício das terras.

Segundo BRANDÃO (2000), a partir do modelo “ADEQUAÇÃO DE USO = APTIDÃO AGRÍCOLA ou CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS + USO OTIMIZADO” verifica-se que a adequação de uso, a princípio, nada mais é que a utilização de um ecossistema, de acordo com sua oferta ambiental.

Está evidente que o uso indicado para as terras é o mais adequado, do ponto de vista de suas qualidades. No entanto, em face de certas características especiais dessas mesmas terras, ou do conjunto ambiental, podem existir, outras possibilidades de utilização ou, ao contrário, impedimento a certos usos (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

A utilização da classificação da aptidão agrícola das terras deve ser para fins de planejamento regional e nacional e não necessariamente um guia de utilização para obtenção do máximo benefício das terras.

A metodologia descrita a seguir denomina-se Sistema Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995). Os referidos autores destacam que este método é apropriado para avaliação de grandes extensões de terras, devendo ser reajustados quando aplicados individualmente em pequenas glebas de agricultores.

Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras

- Níveis de manejos considerados

Tendo em vista práticas agrícolas ao alcance da maioria dos agricultores, num contexto específico, técnico, social e econômico, visando diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos, são considerados 3 (três) níveis de manejo, representados pelas letras A, B e C.

a) Nível de Manejo A (primitivo)

Baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível técnico cultural. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

b) 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 pesquisa para o manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas incluem calagem e adubação NPK, tratamento fitossanitário simples, mecanização com base na tração animal ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo.

c) Nível de Manejo C (desenvolvido)

Baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação de intensiva de capital e de resultados de pesquisas para o manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

- Grupos de Aptidão Agrícola

Trata-se de um artifício cartográfico, que identifica no mapa o tipo de utilização mais intensivo das terras, ou seja, sua melhor aptidão.

Os grupos 1, 2 e 3, além da identificação de lavouras como tipo de utilização, desempenham a função de representar, no subgrupo, 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.

A representação dos grupos é feita com algarismos de 1 a 6, em escalas decrescentes, segundo as possibilidades de utilização das terras. As limitações, que afetam os diversos tipos de utilização, aumentam do grupo 1 para o grupo 6, diminuindo, conseqüentemente, as alternativas de uso e a intensidade com que as terras podem ser utilizadas.

- Subgrupo de Aptidão Agrícola

É o resultado conjunto da avaliação da classe de aptidão relacionada com o nível de manejo, indicando o tipo de utilização das terras.

No exemplo 1(a)bc, o algarismo 1, indicativo do grupo, representa a melhor classe de aptidão dos componentes do subgrupo, uma vez que as terras pertencem à classe de aptidão boa, no nível de manejo C (grupo 1), classe de aptidão regular, no nível de manejo B (grupo 2) e classe de aptidão restrita, no nível de manejo A (grupo 3).

Em certos casos, o subgrupo refere-se somente a um nível de manejo, relacionado a uma única classe de aptidão agrícola.

- Classe de Aptidão Agrícola

Uma última categoria constitui-se na tônica da avaliação da aptidão agrícola das terras neste método. São as classes de aptidão denominadas: boa, regular, restrita e inapta, para cada tipo de utilização indicado.

As classes expressam a aptidão das terras para um determinado tipo de utilização, com 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, definem as condições agrícolas das terras, dentre os fatores de limitação utilizados para avaliar as condições agrícolas das terras são: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

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

3.7.4. Avaliação do Procedimento Agrícola

A entrevista em pesquisa é um tipo de comunicação entre um pesquisador que pretende colher informações sobre fenômenos e indivíduos que detenham essas informações e possam emití-las. As informações colhidas sobre fatos e opiniões devem constituir-se em indicadores de variáveis que se pretende explicar. É, pois, um diálogo preparado com objetivos definidos e uma estratégia de trabalho (CHIZZOTTI, 2001).

Alguns riscos de erros podem ser minimizados com a explicitação prévia dos objetivos e fins que se almeja com a entrevista, com a escolha de um local e horário convenientes ao entrevistado e com a criação de um clima de colaboração e confiança. Todas as informações transcritas devem ser passíveis de codificações e para serem transformadas em indicadores e índices objetivos de variáveis que se pretende explorar (CHIZZOTTI, 2001).

A entrevista guiada é utilizada particularmente para descobrir que aspectos de determinada experiência produzem nas pessoas expostas a ela. O pesquisador conhece previamente os aspectos que deseja pesquisar e, com base neles, formula alguns pontos a tratar na entrevista (RICHARDSON et al, 1999).

Para caracterização do procedimento agrícola de uma região é necessário o conhecimento das práticas e hábitos de produção na área rural. Uma maneira de obter esse conhecimento pode ser a aplicação de entrevistas guiadas (intencionais) na área desejada (sub bacias). A entrevista é definida por diversos autores como um intercâmbio verbal, entre duas ou mais pessoas, onde o entrevistador tenta obter informação de outra ou outras pessoas. Vale ressaltar que este intercâmbio verbal não é uma simples conversa e sim uma conversa estruturada para um objetivo definido, isto é, recolher dados, a partir de interrogatório do informante para pesquisa (CERVO, 1996).

Segundo BRANDÃO (2000), o intuito das entrevistas é realizar um levantamento qualitativo do manejo e procedimentos agrícolas adotados pelos agricultores, a fim de avaliar os riscos de degradação dos recursos hídricos. Por esta razão a entrevista deve ser semi-estruturada propositadamente para atingir esse objetivo.

IV. Material e Método

4.1. Material

4.1.1. Caracterização da Bacia do Rio Jundiaí Mirim

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 é constituída pelas áreas de drenagem dos rios Piracicaba (12.400 km²) Capivari (1.655 km²) e Jundiaí (1.150 km²). O rio Jundiaí-Mirim é afluente da margem direita do rio Jundiaí. Este último nasce em Mairiporã e percorre os municípios de Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba e Salto (MORAES et al, 2002).

O município de Jundiaí concentrava, em 1994, cerca de 50% da população na bacia do rio Jundiaí, sendo que os municípios de Jundiaí e Indaiatuba são os de maior concentração industrial. Na cidade de Jundiaí as indústrias são principalmente alimentícias, bebidas, tecelagem, metalurgia, louças e aparelhos sanitários, fósforo e calçados. As atividades de mineração são as de argila e caulim, tungstênio na cidade de Itupeva e granito nas cidades de Itupeva e Indaiatuba. As atividades de agrosilvicultura representam 4,3% dos estabelecimentos e 18,6% da área da bacia, incluindo as fazendas da Duratex e Eucatex (MORAES et al, 2002).

A bacia do rio Jundiaí Mirim cobre uma área de 10.860 hectares, dos quais 55% no município de Jundiaí, 36,6% no município Jarinu e 8,4% no município Campo Limpo. O rio Jundiaí Mirim tem uma extensão de cerca de 16 km. Cerca de 95% da água utilizada pelo município de Jundiaí provém deste rio. Em 1969, iniciou-se a captação de água do rio Atibaia, afluente do Piracicaba, perto da cidade de Itatiba. A água captada do rio Atibaia é conduzida por tubulação às nascentes do rio Jundiaí Mirim, ainda no município de Jarinu. Os 5% restantes da água, para abastecimento do município de Jundiaí, provém do córrego Moisés. A demanda de água demonstra a predominância do uso urbano (2,07 m³/s, em 1995) sobre o agrícola (1,48 m³/s, em 1995) e industrial (0,85 m³/s, em 1995). A indústria de bebidas, grande consumidora de água recebe água bruta por tubulação própria (MORAES et al, 2002).

De acordo com a CONAMA, os mananciais que formam a bacia do rio Jundiaí-Mirim, enquadram-se dentro da Classe 1, que possui as seguintes características quanto ao destino de suas águas:

- Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento simplificado;

- Águas próprias à proteção das comunidades aquáticas;
- A recreação de contato primário (natação, esqui aquático, mergulho)
- À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- À criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

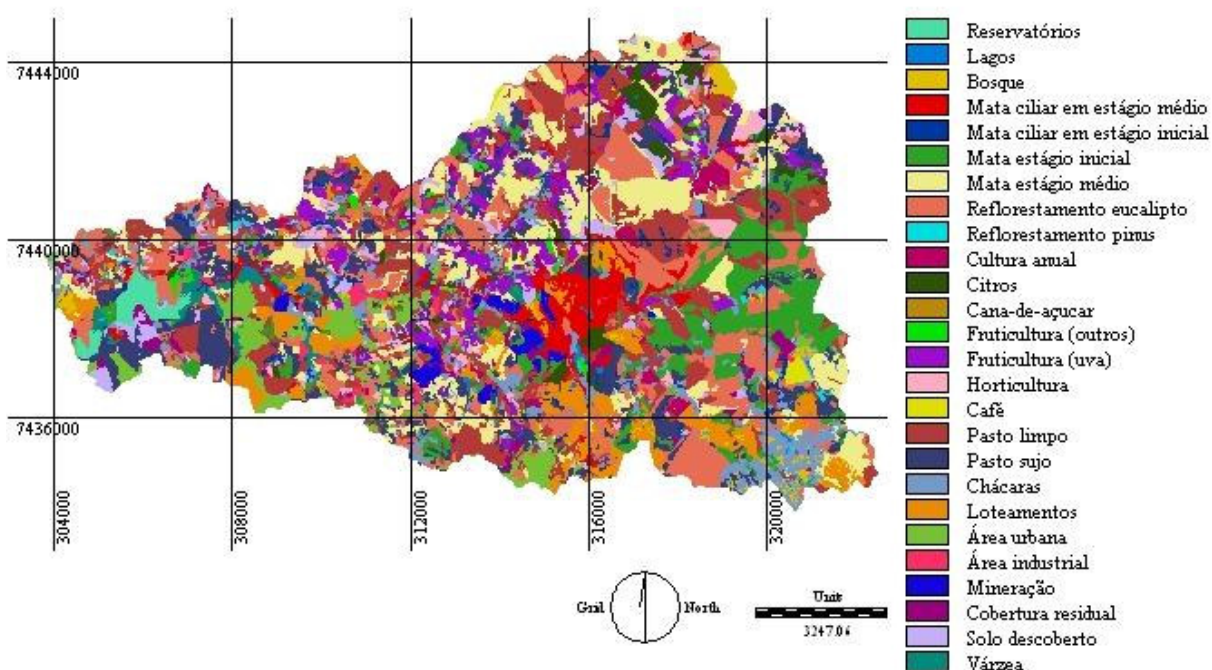
4.1.1.1. Caracterização da Cobertura Vegetal

A vegetação original da área é caracterizada pela Floresta Subcaducifólia Tropical, conhecida também por Floresta Latifoliada Tropical; Floresta Estacional Tropical Pluvial e ainda Mata Mesófila (IBGE, 1977). No Levantamento dos remanescentes florestais, constatou-se que estes representam apenas 13% da área da bacia pertencente ao município de Jundiá. Embora a exploração agrícola seja dificultada por questões topográficas, onde o relevo é um fator fortemente limitante, além da predominância de solos pouco férteis e arenosos, a agricultura é predominantemente constituída de áreas de reflorestamento (eucalipto), fruticultura de clima temperado (uva, pêssago, morango e figo) e pastagem (MORAES et al, 2002).

4.1.1.2. Uso e Ocupação do Solo

A partir do plano de informação de uso e ocupação do solo foi possível caracterizar a cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Jundiá Mirim. Essa caracterização preliminar foi fundamental para identificar os principais usos do solo na bacia e, principalmente, para identificar as culturas predominantes ao longo da unidade hidrográfica em estudo.

O PI de uso e ocupação do solo da bacia do rio Jundiá Mirim (Figura 1) mostra as principais ocupações do solo nesta unidade hidrográfica, com destaque para a ocupação de mata nativa (bosques e mata ciliar) com aproximadamente 26%, pastagens (24%), reflorestamento (pinus e eucalipto) com aproximadamente 15%, uso agrícola (lavouras) 11% e ocupação urbana/industrial 22%.



Fonte: Diagnóstico Agroambiental para Gestão e Monitoramento da Bacia do Rio Jundiá-Mirim. (IAC 2002)

Figura 1: PI de uso e ocupação do solo da bacia do rio Jundiá Mirim.

4.1.1.3. Caracterização Solos e Relevo da bacia do rio Jundiá Mirim

A região de Jundiá não possui um levantamento detalhado de solo, entretanto a bacia do rio Jundiá-Mirim conta com um levantamento semidetalhado elaborado dentro do programa de políticas públicas (FAPESP) – Diagnóstico Agroambiental para Gestão e Monitoramento da Bacia do Rio Jundiá-Mirim (IAC, 2002) – sendo que sua elaboração foi baseada no Mapa de Solos do Estado de São Paulo (Oliveira et al., 1999), escala 1:500000. Com a escala 1:20000 é possível obter um nível de detalhamento maior, isto é, maior número de solos e uma cartografia mais precisa, utilizar-se-á desta informação para identificação e caracterização dos principais solos da área.

Segundo Moraes et al (2002), este detalhamento, escala 1:20000, é fundamental para o fornecimento de dados básicos indispensáveis a fim de atender aos interesses dessa importante região agrícola, no planejamento de seu desenvolvimento sócio-econômico, e também para fornecer base para pesquisas pedológicas mais detalhadas e estudos específicos como a proteção dos recursos hídricos.

No Quadro 2, tem-se a descrição das unidades de mapeamento de solo observadas no Levantamento Pedológico (IAC, 2002).

Quadro 2: Classes de solo com suas respectivas distribuições relativas.

Classes de Solo*	Área (ha)	Distribuição Relativa (%)
<i>Cambissolos Háplico distróficos (CX1)</i>	6717,38	57,17
<i>Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos (LVAd)</i>	1207,10	10,27
<i>Neossolo Litólico distrófico (Rd)</i>	930,00	7,92
<i>Latossolos Vermelho distróficos (LVd)</i>	908,10	7,73
<i>Associação Cambissolos distróficos + Argissolo Amarelo distróficos (CX1 + PV)</i>	762,10	6,49
<i>Cambissolo Háplico Tb distrófico gleico (CX2)</i>	598,20	5,09
<i>Gleissolo Háplico distrófico (GX)</i>	193,40	1,65
<i>Neossolo Litólico eutrófico (Re)</i>	132,30	1,13
<i>Argissolo Vermelho-Amarelos distróficos (PVd)</i>	62,30	0,53
<i>Cambissolo álico A moderado (Cxa)</i>	17,60	0,15
<i>Neossolo Flúvico distrófico (Ad)</i>	5,80	0,05
Total de solos	11533,20	98,17
Reservatórios	118,60	1,01
Lagos	96,40	0,82
Total	11749,28	100,00

*Classes de solo segundo a classificação da EMBRAPA (1999).

Fonte: Diagnóstico Agroambiental para Gestão e Monitoramento da Bacia do Rio Jundiá-Mirim. (IAC 2002)

Pelo Quadro 2 pode-se notar a maior abrangência territorial do grupo dos Cambissolos distróficos e da Associação Cambissolo + Argissolo, ocorrendo em 64% da área da bacia, seguido dos Latossolos e Solos Litólicos, com 18% e 8% respectivamente. As demais unidades de mapeamento são representadas pelos Cambissolos Gleico, Podzólicos Vermelho Amarelo (Argissolos), Solos Aluviais (MORAES et al, 2002).

Ainda segundo MORAES (2002), a associação Cambissolo + Argissolo apresenta ocorrência de material geológico (folhelhos e argilitos) e pouca profundidade, é nesta

associação, de solos, onde ocorre a maior parte das atividades das minerárias na bacia. Tais atividades causam sérios problemas de degradação ambiental como assoreamento dos cursos d'água, remoção e degradação da vegetação natural. O Quadro 3 apresenta as classes de declive e sua respectiva distribuição relativa.

Quadro 3: Classes de declive e distribuição relativa.

Classes de declive (%)		Área (ha)	Distribuição relativa (%)
1	0-3	757,6	6,5
2	3-8	1334,5	11,4
3	8-13	1690,6	14,4
4	13-20	2295,3	19,5
5	20-45	5016,1	42,7
6	Acima de 45	655,2	5,6
Total		11750	100

O modelo numérico de terreno foi utilizado para determinar a declividade dos terrenos da bacia. Os valores das declividades foram classificados de acordo com os intervalos propostos por RAMALHO FILHO & BEEK (1995). As classes de declividade foram utilizadas para definir as classes de relevo, conforme indicado no Quadro 4.

Quadro 4: Classes de declividade associadas às classes de relevo.

Classes de declividade (%)	Classes de relevo
0-3	Plano/praticamente plano
3-8	Suave ondulado
8-13	Moderadamente ondulado
13-20	Ondulado
20-45	Forte ondulado
45-100	Montanhoso
Acima de 100	Escarpado

Fonte: RAMALHO FILHO & BEEK (1995)

Segundo MORAES et al (2002), a importância do fator topográfico advém da marcante influência que as formas do relevo exercem sobre o processo de erosão. A declividade do terreno é base não só para modelos analíticos como também subsidia a

segmentação de áreas em praticamente todos os planejamentos territoriais. No contexto da erosão, a declividade determina a quantidade e a velocidade de fluxo d'água pelo escoamento superficial. A capacidade de remoção e de transporte de partículas do solo pelo escoamento superficial está por sua vez relacionada também ao comprimento de rampa.

Na bacia do rio Jundiaí Mirim predominam áreas de relevo forte ondulado e montanhoso, com predominância de declividade superior a 12%. Neste valor de declividade, o relevo é classificado como forte ondulado, sendo impróprio para o cultivo de culturas anuais, podendo, no entanto, ser explorado com culturas permanentes, utilizando-se práticas de proteção do solo. Além disso, o uso de sistemas de mecanização para o preparo do solo associado às características físicas dos solos, torna a bacia altamente susceptível a processos erosivos (CHIARINI & DONZELI, 1973).

Devido à elevada suscetibilidade à erosão, torna-se necessário à definição de diretrizes para o uso adequado do solo da bacia, visando minimizar os processos erosivos, principalmente, próximo aos corpos d'água, a conseqüente perda de potencial produtivo das terras e a contaminação dos recursos hídricos.

4.2. Método para Determinar a Expectativa de Risco

O método desenvolvido utiliza 3 planos de informação (PI) de base:

- Planos de Informação do Meio Físico – PI de solos, PI do MDT, PI do PNE e PI da AVA
- Planos de Informação do Sistema de Produção – PI do Uso e Ocupação, PI da Aptidão Agrícola das Terras e PI da Adequação do Uso e Ocupação
- Plano de Informação do Procedimento Agrícola

4.2.1. Potencial Natural de Erosão (PNE) e Tolerância a Perdas de Solo

O plano de informação do potencial natural de erosão foi gerado a partir da combinação de 3 (três) planos de informação: Erosividade da Chuva (fator R), Erodibilidade dos solos (fator K) e Comprimento e Grau de Declive (fator LS). Esta combinação possibilitou

calcular o potencial natural de erosão e classificá-lo em função da quantidade de solo perdida durante 1 (um) ano (Mg/ha).

Para gerar o PI de risco o potencial natural de erosão foi dividido pela tolerância de perdas de solo dos respectivos solos da bacia e reclassificado segundo a relação potencial natural de erosão e tolerância a perdas, conforme exposto no Quadro 5:

Quadro 5: Classes de risco – Relação Potencial Natural de Erosão (PNE)/ Tolerância de perdas de solo.

Relação $PNE/Tolerância$	Classes de Risco
0 – 1	Muito Baixo
1 – 2	Baixo
2 – 4	Médio
4 – 5	Médio Alto
5 – 10	Alto
> 10	Muito Alto

Esta estratificação implica que uma área onde a relação $PNE/Tolerância$ é 1, esta área apresenta uma perda igual a sua tolerância, portanto o risco que esta área apresenta sob o aspecto do potencial natural de erosão é baixo. Conforme o valor desta relação aumenta, conseqüentemente, o risco também, isto é, a classe de risco está relacionada em função do número de vezes que o PNE supera o valor da tolerância de perdas de solo para aquela determinada área, atingindo a classe de risco muito alto onde o PNE supera o valor da tolerância em 10 (dez) vezes.

4.2.1.1. Erosividade da Chuva (fator R)

O fator erosividade (R) foi determinado pelo *software* “Sistema para cálculo da erosividade da chuva para o Estado de São Paulo”, desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa, com base no método proposto por Bertoni e Lombardi Neto (1992). Para unidade hidrográfica em estudo foi considerado um valor único $6757 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$

4.2.1.2. Erodibilidade dos Solos (fator K)

A erodibilidade dos solos da bacia do rio Jundiaí Mirim (fator K) foi determinada pelo método estabelecido por Denardin (1990), representado pela equação descrita abaixo. Os dados brutos para calcular a erodibilidade estão apresentados no Apêndice 1:

$$K = (7,48 \times 10^{-6} \times M) + (4,489059 \times 10^{-3} \times \text{Permeabilidade}) - (6,31175 \times 10^{-2} \times DMP) + (1,039567 \times 10^{-2} \times R) \quad (3)$$

Em que:

K é a erodibilidade dos solos (Mg.h.MJ⁻¹.mm⁻¹);

M = (AF + Silte) x (AG + AF + Silte);

AG = teor de areia grossa, em %; **AF** = teor de areia fina, em %; **Arg** = teor de argila, em %;

Silte = teor de silte, em %;

P = valor da permeabilidade (1 muito rápida; 2 rápida; 3 moderada; 4 lenta; 5 muito lenta; 6 imperfeitamente drenado);

Permeabilidade = P * 4,48059*10⁻²;

DMP – Diâmetro médio ponderado das partículas do solo;

DMP = [(0,65 x AG)+(0,15 x AF)+(0,0117 x silte)+(0,00024 x ARG)] /100;

MO = C(%) x 1,73; **NA** = (AG x MO) = Nova Areia (teor de areia grossa, em %); **C** = teor de carbono, em %;

R = NA x MO/100

4.2.1.3. Comprimento e Grau de Declive (fator LS)

A determinação do comprimento de rampa (fator L), em SIG, foi baseada na metodologia estabelecida por ROCHA et al (1995), utilizando como mapa base o modelo digital de elevação donde foram gerados os mapas de declividade (em porcentagem) e aspecto ou orientação (em graus). O mapa de orientação ou aspecto foi dividido em oito (8) classes distintas, em intervalos iguais, numa faixa de 0° a 360°, já o mapa de declividade foi reclassificado e dividido em 6 classes distintas com intervalos pré-estabelecidos.

Posteriormente, gerou-se outro mapa a partir da combinação destes dois últimos (declividade e orientação), onde cada polígono representava uma rampa. Estes polígonos foram agrupados, ou seja, foi dada identidade a estes polígonos, de maneira que cada um representasse a combinação de uma classe de declividade com uma classe de orientação.

A partir deste mapa de rampas foram extraídos dados referentes à diferença de altura do modelo digital de elevação e o ângulo médio de do mapa de orientação (em graus), com isso feito foi possível calcular o comprimento de rampa pela fórmula:

$$L = \frac{DH}{\text{sen}(a)} \quad (4)$$

Em que:

L = comprimento de rampa (m);

DH = diferença de altura da rampa (m);

a = ângulo médio da rampa.

Para determinação do fator LS foi utilizada a fórmula de BERTONI & LOMBARDI (1985):

$$LS = 0,00984 \times C^{0,68} \times D^{1,18} \quad (5)$$

Em que:

C = comprimento de rampa (m);

D = declividade (%).

4.2.2. Aptidão Agrícola das Terras

O plano de informação da aptidão agrícola das terras da bacia do Jundiá Mirim foi determinado considerando o levantamento pedológico semi-detalhado (IAC, 2002) escala 1:20.000 e a imagem reclassificada das classes de declive segundo RAMALHO FILHO & BEEK (1995). Outros planos de informação foram gerados com os graus de limitação, tais como: deficiência de fertilidade (V% e CTC), deficiência de água (clima, pluviosidade, drenagem, vegetação primária), excesso de água ou deficiência de oxigênio (O₂), suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

A bacia apresenta um nível desenvolvido de manejo agrícola, o que implica em uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, máquinas agrícolas e práticas conservacionistas, portanto a opção em determinar a aptidão agrícola das terras no nível de manejo C.

4.2.2.1. Graus de limitação

A metodologia descrita por RAMALHO FILHO & BEEK (1995), considera hipoteticamente um solo, como referência, que não apresente problemas de fertilidade, deficiência de água e oxigênio, não ofereça impedimentos ao uso de máquinas agrícolas e não seja suscetível a erosão. Entretanto, normalmente as condições das terras distanciam-se de um ou vários aspectos. Assim, estabeleceram-se diferentes graus de limitação, tradicionalmente são tomados 5 (cinco) fatores para avaliar a aptidão agrícola das terras: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Os planos de informação referentes aos 5 (cinco) fatores citados anteriormente foram gerados e analisados nesta fase do trabalho, com o propósito de representar as condições agrícolas das terras a partir da combinação destes planos.

- **Deficiência de fertilidade**

Esse grau de limitação foi determinado a partir da saturação de bases (V) e da capacidade de troca de cátions (CTC) obtidos no levantamento pedológico semi-detalhado (IAC, 2002). Após a determinação dos valores anteriores (V e CTC), estes foram enquadrados nas classes propostas por OLIVEIRA & BERG (1985), conforme indicado no Quadro 6.

Quadro 6: Deficiência de Fertilidade

CTC	Variação do 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 & BERG (1985)

- **Deficiência de água**

A deficiência de água está diretamente relacionada com as condições climáticas (precipitação e evapotranspiração) e as condições edáficas (capacidade de retenção de água). Além dos fatores citados, o período de estiagem, a distribuição anual da precipitação, a avaliação da drenagem natural de cada solo e da cobertura vegetal, foram utilizados na análise para geração deste plano de informação.

A região em estudo, de acordo com o sistema Köppen, apresenta o clima tipo mesotérmico brando super úmido (Aw), sem uma estação seca definida, com temperaturas máximas entre 34°C a 36°C, com temperaturas mínimas entre 6°C a 10°C (TAVARES et al, 2003).

- **Excesso de água ou deficiência de oxigênio**

O PI com as áreas com excesso de água foi obtido após avaliação da drenagem natural dos solos. Segundo RAMALHO FILHO & BEEK (1995), esse fator limitante tem grande importância na avaliação da aptidão agrícola das terras, pois pode envolver áreas ribeirinhas com alto potencial agrícola, áreas com problemas de drenagem podem ser assinaladas por apresentarem aptidão para algumas culturas adaptadas.

- **Suscetibilidade à erosão e Impedimentos à mecanização**

Esses planos de informação foram elaborados a partir do modelo digital do terreno em ambiente computacional, com auxílio de técnicas de SIG, e em seguida reclassificado segundo as classes propostas por RAMALHO FILHO & BEEK (1995). Posteriormente, estas classes de declive foram adequadas para os fatores de limitação suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização, conforme exposto no Quadro 7.

Quadro7: Classes de declive associadas aos graus de limitação suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Classes de declive (%)	Descrição do relevo	Fator de limitação	
		Suscetibilidade erosão	Impedimentos mecanização
0-3	Plano	Nulo (N)	Nulo (N)
3-8	Suave ondulado	Ligeiro (L)	Ligeiro (L)
8-13	Moderadamente ondulado	Moderado (M)	Moderado (M)
13-20	Ondulado	Forte (F)	
20-45	Forte ondulado	Muito Forte (MF)	Forte (F)
45-100	Montanhoso	Extremamente	Muito Forte (MF)
Acima de 100	Escarpado	Forte (EF)	

Segundo a metodologia proposta por RAMALHO FILHO & BEEK (1995) a avaliação das classes de aptidão agrícola das terras e, por conseguinte, dos grupos e subgrupos é realizada pelo estudo comparativo entre os graus de limitação atribuídos às terras.

O PI de aptidão agrícola das terras foi obtido com o cruzamento dos planos com os graus de limitação, após análise individual. A partir do PI de uso e ocupação cada um dos usos foi enquadrado nas respectivas classes: lavouras, pastagem plantada, silvicultura, pastagem natural e áreas de preservação. Este PI de uso e ocupação foi cruzado com o PI de aptidão agrícola, como resultado foi obtido a relação uso atual x oferta ambiental, sendo dividido em 3 (três) classes:

- Subutilizado: terras com o uso atual aquém da oferta ambiental;
- Adequado: equilíbrio entre o uso atual e o potencial natural das terras;
- Sobreutilizado: terras com o uso acima da oferta ambiental.

Para efeito da análise de risco este PI foi reclassificado em áreas que apresentam baixo e alto risco. As áreas de baixo risco são aquelas enquadradas nas classes de usos subutilizado e adequado, já as áreas de alto risco são aquelas enquadradas na classe de uso sobreutilizado.

4.2.3. Caracterização do Procedimento Agrícola

A caracterização do procedimento agrícola na bacia baseou-se em entrevistas intencionais elaboradas para as propriedades rurais da bacia (Apêndice II). As propriedades agrícolas foram escolhidas considerando as culturas predominantes da bacia, as quais foram determinadas no plano de informação do uso e ocupação do solo. O plano de informação do procedimento agrícola foi gerado a partir da caracterização dos procedimentos agrícolas adotados pelos agricultores. Os aspectos considerados nas entrevistas foram: assistência técnica aos agricultores, a utilização de defensivos agrícolas em suas culturas e a classe de toxidez.

Os aspectos ligados à assistência técnica foram classificação:

- Baixo risco: produtor que recebe assistência técnica, na propriedade, de um técnico ou engenheiro relacionado às ciências agrárias com regularidade;
- Médio risco: produtor que procura auxílio em determinados momentos, conforme necessidade, em lojas de produtos agrícolas e segue a orientação do lojista ou de seu técnico ou engenheiro relacionado às ciências agrárias;
- Alto risco: produtor que não recebe nenhum tipo de assistência e nem procura auxílio.

Sob o aspecto da utilização de defensivos agrícolas estabeleceu-se a seguinte classificação:

- Nulo: prática da agricultura orgânica;
- Baixo risco: utilização de defensivos Classe IV;
- Médio risco: utilização de defensivos Classe III, utilização da combinação dos defensivos das classes de toxidez III e IV;
- Alto risco: utilização de defensivos Classe I e/ou II, utilização da combinação de dois ou mais defensivos de classes de toxidez diferentes;

Para determinar a classe de expectativa de risco que cada uso agrícola está inserido, calculou-se a média ponderada, de cada classe de risco, em função da área cultivada para os indicadores assistência técnica e uso de defensivos agrícolas. Para cada risco considerado atribui-se uma classificação crescente para a expectativa de cada indicador (Quadro 8) e multiplicou-se pelos valores das médias ponderadas correspondentes a cada classe de risco, conforme exposto a seguir:

Quadro 8: Classes dos indicadores da expectativa de risco

Classe de Risco	
Assistência técnica (Indicador I)	Defensivos Agrícolas (Indicador II)
1 – Baixo (B)	1 – Nulo (N)
2 – Médio (Me)	2 – Baixo (B)
3 – Alto (A)	3 – Médio (Me)
	4 – Alto (A)

$$Cn = \frac{\sum An}{A_{cultura}} \quad (6)$$

Em que:

Cn = Coeficiente referente aos indicadores;

An = Área referente à cultura relacionada à classe de risco (ha);

A_{cultura} = Área total da cultura ao longo da bacia (ha).

$$R_{indicador} = \sum_{n=1}^n n \cdot Cn \quad (7)$$

Em que:

R_{indicador} = Classe de risco de cada indicador;

n = número de classe;

Cn = Coeficiente referente aos indicadores.

Para determinar a classe de risco dos indicadores utilizou-se a seguinte estratificação das classes, conforme exposto nos quadros 9 e 10.

Quadro 9: Estratificação do indicador I: Assistência Técnica

Valor	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Classe	Baixo	Médio Baixo	Médio	Médio Alto	Alto

Quadro 10: Estratificação do indicador II: Defensivos Agrícolas

Valor	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Classe	Nulo	Muito Baixo	Baixo	Médio Baixo	Médio	Médio Alto	Alto

Embora uma estratificação prévia tenha sido realizada, para a elaboração da carta de expectativa de riscos dos procedimentos agrícolas, considerou-se a combinação da informação da utilização dos defensivos agrícolas e o aspecto da assistência técnica como fator decisivo, conforme exposto no Quadro 11. O indicador de maior relevância na bacia foi considerado a assistência técnica, pois independente da classe de toxidez do defensivo utilizado a ausência de assistência técnica representa um elevado risco, exceto quando o produtor não faz o uso de defensivos em suas culturas.

Quadro 11: Combinação das classes de risco dos dois indicadores, assistência técnica (Ind. I) e uso de defensivos agrícolas (Ind. II).

Ind. I \ Ind. II	Nulo (N)	Muito Baixo (MB)	Baixo (B)	Médio Baixo (MeB)	Médio (Me)	Médio Alto (MeA)	Alto (A)
Baixo (B)	N	MB	B	B	MeB	Me	MeA
Médio Baixo (MeB)	N	B	B	MeB	Me	Me	MeA
Médio (Me)	N	MeB	MeB	Me	Me	MeA	MeA
Médio Alto (MeA)	N	MeA	MeA	MeA	MeA	A	A
Alto (A)	N	MeA	MeA	MeA	A	A	A

4.2.4. Área de Afluência Variável

A área de afluência variável representa a porção de acumulação de água na bacia, que tem característica dinâmica da expansão e contração da umidade do solo. A variação da umidade do solo depende das chuvas que atingem a bacia e sua topografia. Essa região apresenta condições para estabelecimento da mata ripária. Nessa região prevalecem os processos de formação dos escoamentos superficiais nas áreas saturadas durante o evento de precipitação. Em geral, as regiões encontram-se situadas ao longo dos cursos d'água e em suas cabeceiras, nas concavidades do terreno para as quais convergem as linhas de fluxo e mesmo em porções de áreas saturadas em pontos elevados da encosta. Nas outras partes da bacia, as

águas das chuvas apresentam a tendência de se infiltrar, formando os escoamentos sub-superficiais. O aspecto prático da definição das áreas de afluência variável está na possibilidade da demarcação das regiões onde se estabelecem as matas ripárias, possibilitando a implantação de políticas de manejo diferenciado para minimizar os impactos ambientais na bacia.

Nesse trabalho a determinação da zona ripária será feita utilizando a definição das áreas de afluência variável do programa AVA desenvolvido a partir do modelo TOPMODEL. O modelo TOPMODEL foi desenvolvido no Centre for Research on Environmental Systems, University of Lancaster, na Inglaterra e está disponível no endereço www.es.lancs.ac.uk/es/Freeware/Freeware.html. O modelo considera uma série de conceitos, que permitem a simulação hidrológica de uma bacia utilizando uma representação espacial distribuída, apresentando uma estrutura matemática e paramétrica simples. No decorrer de um evento de chuva, a rede de drenagem recebe a água que se transfere dos pontos mais altos em direção as baixadas do relevo. Fluxos de água superficiais e subsuperficiais se acumulam nas proximidades da drenagem aumentando a umidade destas parcelas. Essas áreas, que concentram água durante o evento de chuva, são denominadas áreas de afluência variáveis, que representam as áreas de acumulação de água no relevo. Para a determinação dessas áreas de saturação, o modelo TOPMODEL utiliza o índice topográfico.

4.2.5. Expectativa de Risco de Degradação dos Recursos Hídricos

Os riscos de degradação dos recursos hídricos foram analisados e obtidos em função dos planos de informação de: PNE e tolerância a perdas de solo (risco de erosão) , adequação do uso e ocupação do solo e procedimento agrícola.

Inicialmente foi realizada uma análise individual destes planos de informação e, posteriormente, uma combinação destes planos a fim de determinar áreas de riscos de degradação dos recursos hídricos na bacia do rio Jundiaí Mirim. Estas áreas de riscos foram classificadas em baixo risco, médio risco e alto risco.

A primeira combinação foi feita a partir dos planos de informação do risco de erosão e da adequação do uso e ocupação, baseada nas classificações destes planos de informações, obteve-se uma nova classificação, conforme exposto no Quadro 12.

Quadro 12: Combinação dos planos de informação do risco de erosão e da adequação do uso e ocupação (Adeq.)

PNE/tol. Adeq.	Muito Baixo (MB)	Baixo (B)	Médio (Me)	Médio Alto (MeA)	Alto (A)	Muito Alto (A)
Baixo (B)	B	B	B	Me	Me	A
Alto (A)	Me	Me	Me	A	A	A

O fator preponderante considerado foi o risco de erosão, pois o fator uso e ocupação apresenta medidas mais simples e de curto e médio prazo para se obter resultados mais expressivos na redução da expectativa de riscos aos recursos hídricos, ao contrário do risco de erosão. Portanto, para as áreas com riscos muito baixo, baixo e médio de risco de erosão associadas a classe de baixo risco da adequação do uso e ocupação, isto é, áreas que apresentam usos adequados ou sobreutilizados, temos áreas com baixa expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos, para as áreas com riscos de médio alto e alto risco de erosão associadas a classe de baixo risco da adequação do uso e ocupação a expectativa de risco é média, já para áreas de risco muito alto de erosão associadas a classe de baixo risco da adequação do uso e ocupação a expectativa de risco é alta.

A associação das classes de risco de erosão com as áreas de alto risco da adequação do uso e ocupação apresenta expectativa de risco médio para as áreas de risco muito baixo a médio, pois a adequação e/ou a alteração no uso do solo pode reduzir a expectativa de risco de degradação, já para as áreas de risco médio alto a muito alto a expectativa de risco é alta.

Para gerar o plano de informação de expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos para a bacia em estudo, realizou-se o cruzamento da combinação anterior (risco de erosão/adequação) com o plano de informação do procedimento agrícola, este plano de informação foi classificado conforme o Quadro 13.

Quadro 13: Combinação dos planos de informação risco de erosão/adequação e procedimento agrícola.

	Procedimento Agrícola				
	Muito Baixo (MB)	Baixo (B)	Médio (Me)	Médio Alto (MeA)	Alto (A)
Risco de erosão/Adequação					
Baixo (B)	B	B	B	Me	Me
Médio (Me)	Me	Me	Me	A	A
Alto (A)	Me	A	A	A	A

O fator preponderante na combinação desses planos de informação para obtenção das classes de expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos foi aquele determinado na primeira combinação (Risco de erosão /adequação), pois o fator procedimento agrícola necessita de medidas de curto e médio prazo que resultem na minimização da expectativa de risco, uma vez que este plano informação foi baseado em dois fatores: uso de agroquímicos e assistência técnica. A disponibilidade da assistência técnica ao produtor, para que este faça um uso racional dos agroquímicos, pode-se reduzir significativamente a expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos da bacia em estudo.

Portanto, para as áreas com riscos muito baixo, baixo e médio do procedimento agrícola associadas à classe de baixo risco da primeira combinação temos áreas com baixa expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos, já para as áreas com riscos de médio alto e alto do procedimento agrícola a expectativa de risco é médio.

A associação das classes do procedimento agrícola com as áreas de médio risco da primeira combinação apresenta expectativa de risco médio para as áreas de risco muito baixo a médio, pois a adequação e/ou a alteração no procedimento agrícola pode reduzir a expectativa de risco de degradação, já para as áreas de risco médio alto a muito alto a expectativa de risco é alta.

A associação das classes do procedimento agrícola com as áreas de alto risco da primeira combinação apresenta expectativa de risco alta exceto para as áreas da classe de risco muito baixo, uma vez que estas áreas são ocupadas por vegetação nativa.

V. Resultados

Com a elaboração destes planos de informação espera-se obter uma análise qualitativa da expectativa de risco dos recursos hídricos da bacia do rio Jundiaí-Mirim. A determinação da área variável de afluência para esta unidade hidrográfica, pode ser uma ferramenta importante para o estabelecimento de políticas públicas para a gestão dos recursos hídricos desta bacia. Esta ferramenta pode vir a fornecer informações importantes para estudos posteriores, como por exemplo, um zoneamento ambiental.

5.1. Potencial Natural de Erosão

Para a bacia do rio Jundiaí Mirim o valor da erosividade é igual $6757 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$.

A erodibilidade dos solos da bacia do rio Jundiaí Mirim foi associada às classes de solo, ou seja, os valores de K (Quadro 14) foram associados às respectivas unidades de solo para gerar o PI da erodibilidade. Os valores de K variaram de 0,0073 a 0,0363 $\text{T.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$, conforme ilustra a Figura 2, esses valores foram agrupados em 7 faixas diferentes, exceto os reservatórios e lagos.

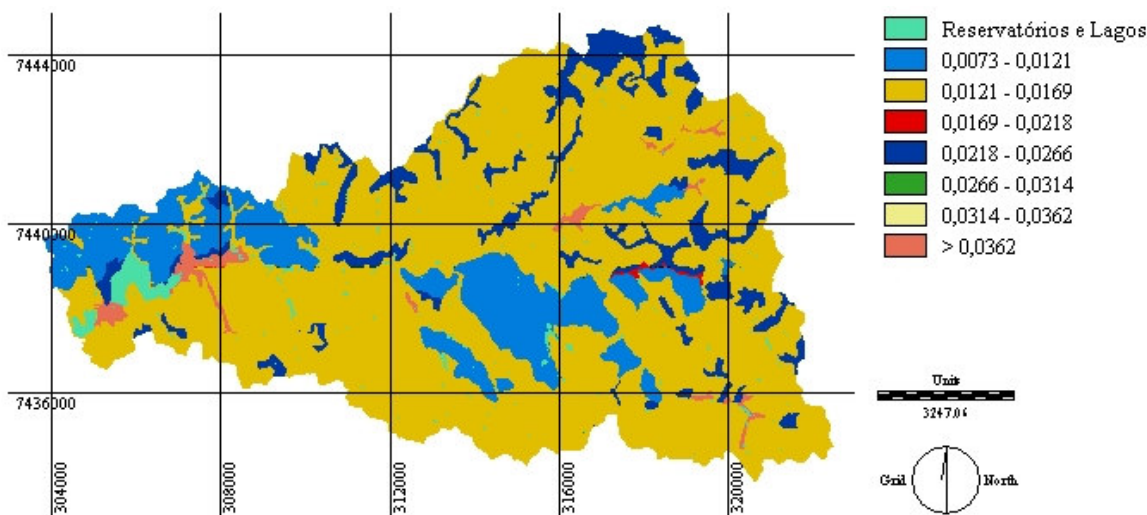


Figura 2: Classes de erodibilidade dos solos.

Quadro 14: Erodibilidade dos solos da bacia do rio Jundiá Mirim.

Solo	Classes de Solo*	Valor de K (T.h.MJ⁻¹.mm⁻¹)
<i>CX1</i>	<i>Cambissolos Háplico distróficos</i>	0,0158
<i>LVAd</i>	<i>Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos</i>	0,0142
<i>Rd</i>	<i>Neossolo Litólico distrófico</i>	0,0249
<i>LVd</i>	<i>Latossolos Vermelho distróficos</i>	0,0115
<i>CX1 + PV</i>	<i>Associação Cambissolos distróficos + Argissolo Amarelo distróficos</i>	0,0099
<i>CX2</i>	<i>Cambissolo Háplico Tb distrófico gleico</i>	0,0158
<i>GX</i>	<i>Gleissolo Háplico distrófico</i>	0,0362
<i>Re</i>	<i>Neossolo Litólico eutrófico</i>	0,0249
<i>PVd</i>	<i>Argissolo Vermelho-Amarelos distróficos</i>	0,0073
<i>Cxa</i>	<i>Cambissolo álico A moderado</i>	0,0178
<i>Ad</i>	<i>Neossolo Flúvico distrófico</i>	0,0249

*Classes de solo segundo a classificação da EMBRAPA (1999).

A faixa de valores do fator topográfico (LS) encontra-se entre zero até valores próximos a 50,0, valores estes agrupados em 8 faixas diferentes, conforme ilustra a Figura 3,. A partir dos dados da Figura 3 montou-se a Figura 4, que apresenta a distribuição das áreas da bacia em função do fator topográfico.

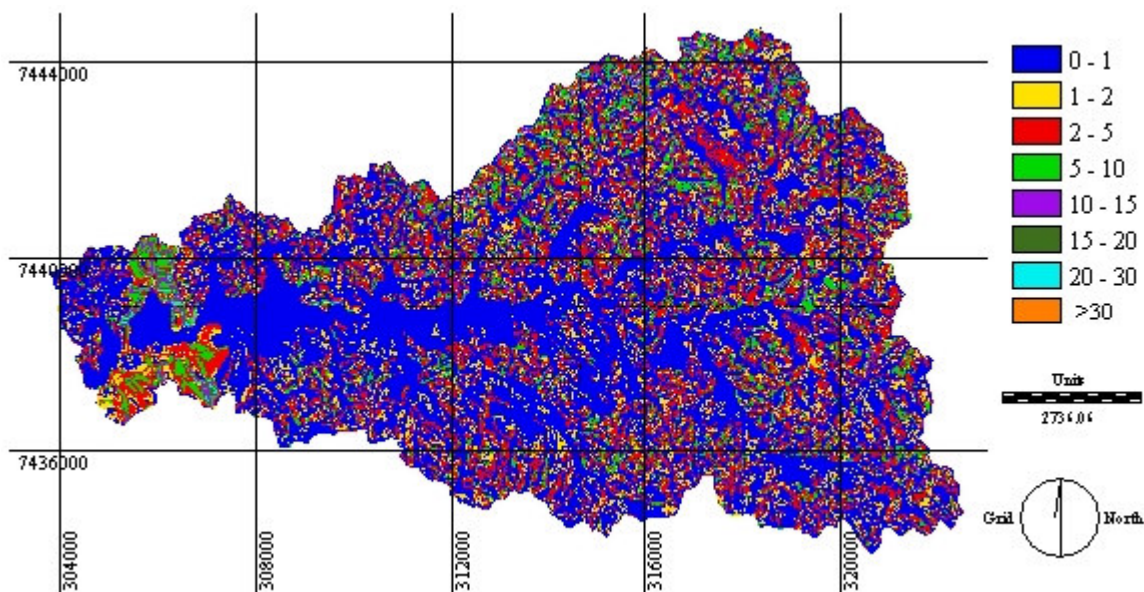


Figura 3: Classes do fator topográfico.

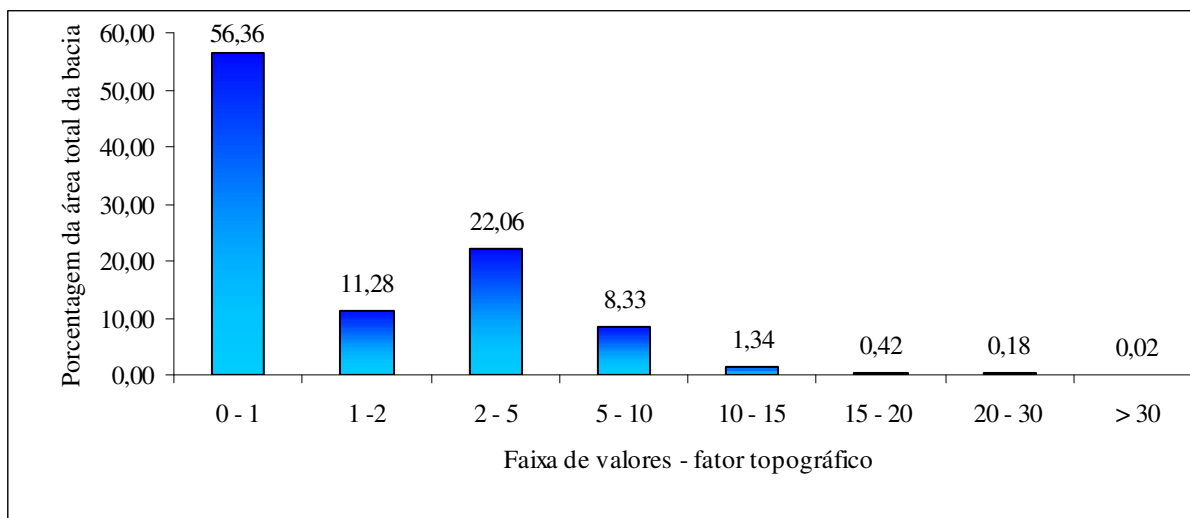


Figura 4: Distribuição relativa, em porcentagem, dos valores do LS em relação à área total da bacia em estudo.

Na figura 4 pode-se observar a maior concentração de valores do fator topográfico na faixa de 0,0 a 1,0 (56,4%); 11,3% da área da bacia em estudo encontra-se entre 1,0 e 2,0; 22,1% entre 2,0 e 5,0; 8,3% entre 5,0 e 10,0; 1,3% entre 10,0 e 15,0; 0,42% entre 15,0 e 20,0 e 0,18% da área da bacia encontra-se com valores superiores a 20,0 e 0,02% da área da bacia encontra-se com valores superiores a 30,0.

O potencial natural de erosão foi calculado baseado na combinação dos planos de informação da erosividade da chuva (R), erodibilidade dos solos (K) e comprimento e grau de

declive (LS). A estratificação dos valores do potencial natural de erosão, em $\text{Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, é apresentada na Figura 5, variando de zero a valores superiores a 500 $\text{Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. A partir dos dados da Figura 5 montou-se a Figura 6, que apresenta a distribuição das áreas da bacia em função do PNE.

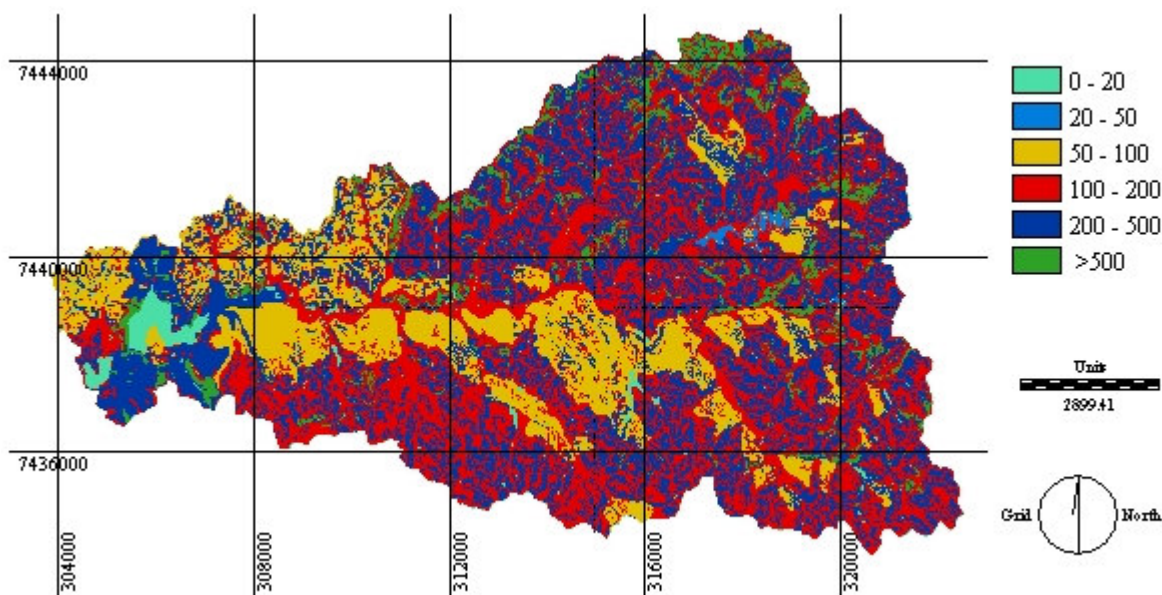


Figura 5: Plano de informação do potencial natural de erosão reclassificado, valores em $\text{Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

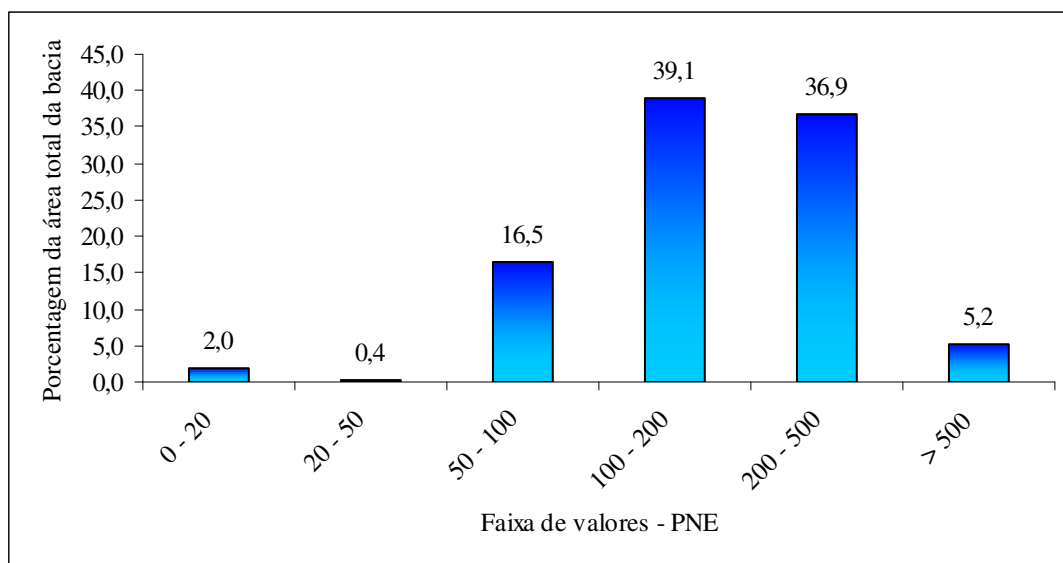


Figura 6: Distribuição relativa, em porcentagem, dos valores de PNE em relação à área total da bacia em estudo.

A figura 6 mostra que em 2,0% da área em estudo encontra-se valores do PNE entre 0,0 e 20,0Mg.ha⁻¹.ano⁻¹; 0,4% da área da bacia entre 20,0 e 50,0; 16,5% entre 50,0 e 100,0; 39,1% entre 100,0 e 200,0; 36,9% entre 200,0 e 500,0 e 5,2% da unidade hidrográfica encontra-se valores superiores a 500 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹.

A tolerância a perdas dos solos da bacia do rio Jundiaí Mirim foi associada às classes de solo, ou seja, os valores médios de Tolerância (T) (Quadro 15) foram associados às respectivas unidades de solo para gerar o PI da tolerância a perdas. Os valores médios de T foram estabelecidos por Lombardi Neto & Bertoni (1975), a partir de experimentos de perdas de solo e produtividade para cada solo, estes valores variaram de 4,20 a 14,20Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, conforme ilustra a Figura 7, estes valores foram agrupados em 4 faixas diferentes, exceto os reservatórios e lagos

Quadro 15: Tolerância a perda dos solos da bacia do rio Jundiá Mirim.

Solo	Classes de Solo*	Valor de T ($\text{Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)
<i>CX1</i>	<i>Cambissolos Háplico distróficos</i>	6,70
<i>LVAd</i>	<i>Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos</i>	14,20
<i>Rd</i>	<i>Neossolo Litólico distrófico</i>	4,20
<i>LVd</i>	<i>Latossolos Vermelho distróficos</i>	12,30
<i>CX1 + PV</i>	<i>Associação Cambissolos distróficos + Argissolo Amarelo distróficos</i>	7,9
<i>CX2</i>	<i>Cambissolo Háplico Tb distrófico gleico</i>	6,70
<i>GX</i>	<i>Gleissolo Háplico distrófico</i>	6,70
<i>Re</i>	<i>Neossolo Litólico eutrófico</i>	4,20
<i>PVd</i>	<i>Argissolo Vermelho-Amarelos distróficos</i>	7,9
<i>Cxa</i>	<i>Cambissolo álico A moderado</i>	6,70
<i>Ad</i>	<i>Neossolo Flúvico distrófico</i>	6,70

*Classes de solo segundo a classificação da EMBRAPA (1999).

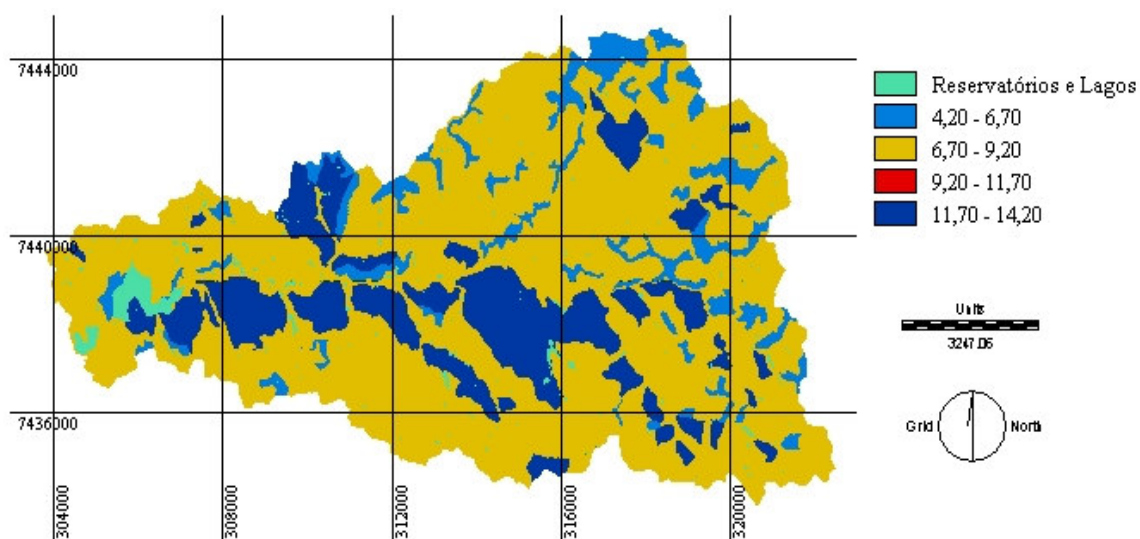


Figura 7: Plano de informação - tolerância a perdas reclassificado, valores em $\text{Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

O PI de risco de erosão foi obtido a partir da relação entre perdas anuais de solo (PNE) e a tolerância a perdas (T). A Figura 8 ilustra a distribuição das classes de risco de erosão ao longo da bacia em estudo.

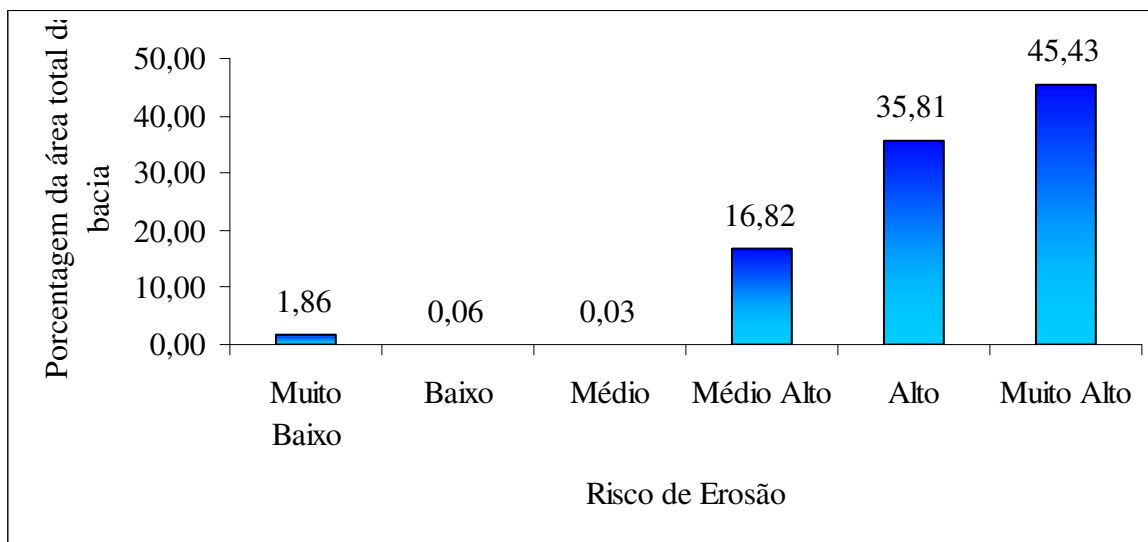


Figura 8: Distribuição relativa, em porcentagem, das classes de risco de erosão em relação à área total da bacia em estudo.

O Quadro 16 e a Figura 9 mostram a distribuição relativa, em porcentagem, das classes de risco de erosão em relação à área total da bacia em estudo. De um modo geral a bacia do rio Jundiaí Mirim apresenta sérios problemas quanto ao risco de erosão, isto é, aproximadamente 45% da área da bacia apresenta risco muito alto. Em 35,8% da área da bacia o risco de erosão é alto; 16,8% médio alto; 1,9% muito baixo; e áreas com baixo e médio risco praticamente inexistem.

Quadro 16: Distribuição relativa, em porcentagem, das classes de risco de erosão em relação à área total da bacia em estudo.

Relação $PNE/Tolerância$	Classes de Risco	Área (ha)	Distribuição Relativa (%)
0 – 2	Muito Baixo	218,63	1,86
2 – 4	Baixo	7,26	0,06
4 – 6	Médio	3,05	0,03
6 – 10	Médio Alto	1975,73	16,82
10 – 20	Alto	4207,44	35,81
> 20	Muito Alto	5337,23	45,43

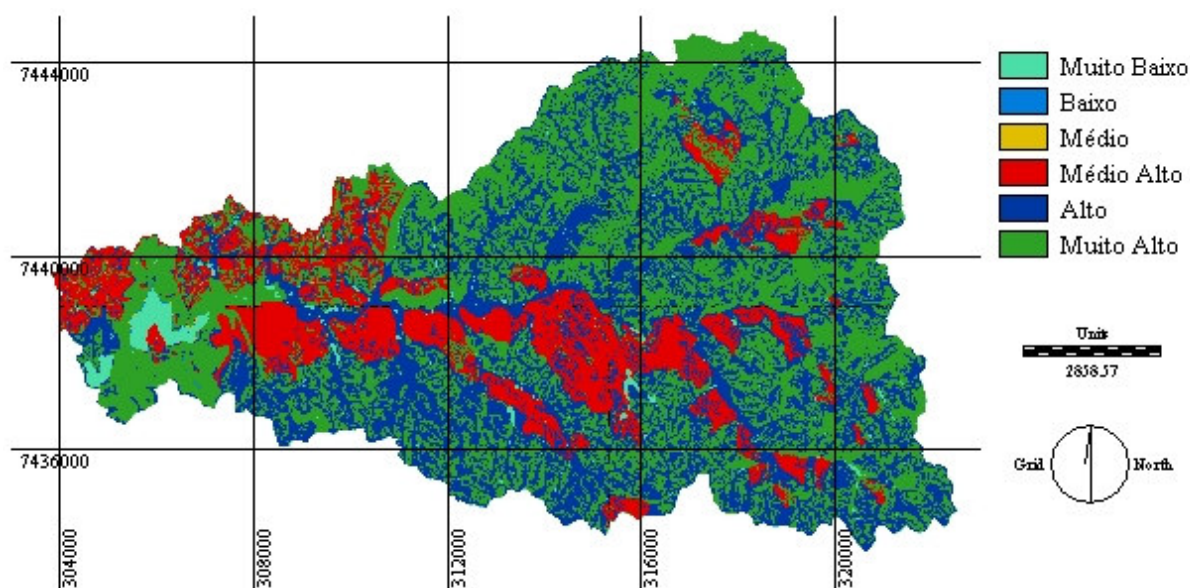


Figura 9: Plano de informação das classes de risco de erosão.

5.3. Aptidão Agrícola das Terras

A avaliação da aptidão agrícola das terras iniciou-se a partir da análise individual de cada PI dos graus de limitação e as respectivas classes propostas por RAMALHO FILHO & BEEK (1995).

Pelo PI de deficiência de fertilidade (Figura 10) nota-se que em 77,2% da área de estudo há fortes limitações quanto a fertilidade, em 19,4% as limitações são de grau moderado e em apenas 1,6% apresentam limitações ligeiras.

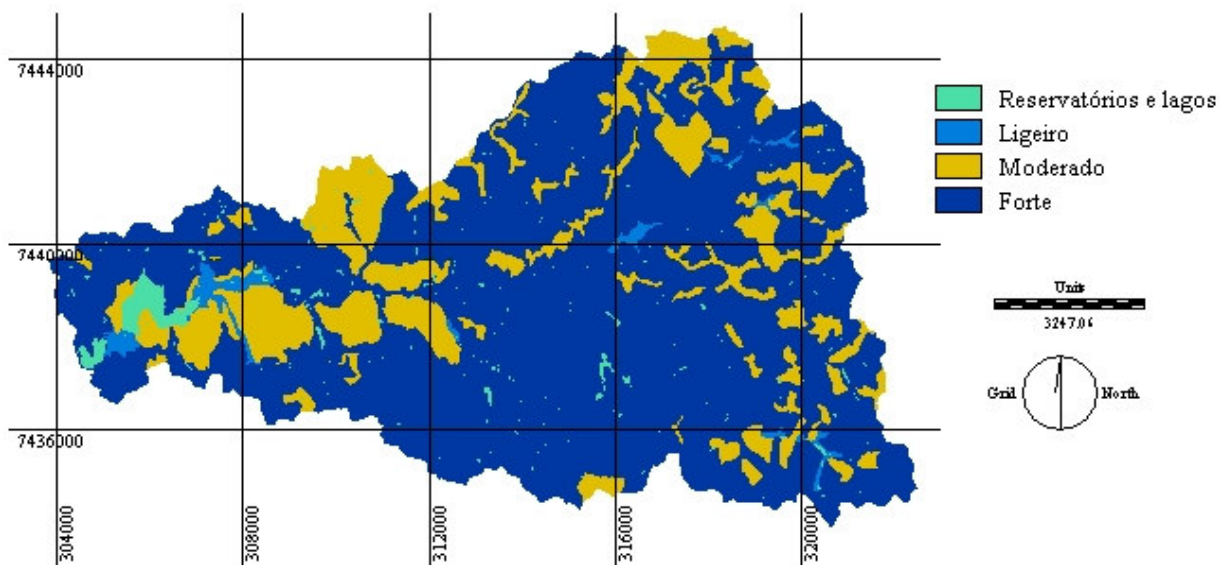


Figura 10: Plano de Informação de deficiência de fertilidade.

Com relação ao grau de limitação por deficiência de água (Figura 11), 19,7% da área de estudo não apresentaram limitações, ou seja, grau de limitação nulo e em 78,5% o grau de limitação é nulo/ligeiro. Portanto, a área de estudo não apresenta sérios problemas relacionados a deficiência de água, pois encontra-se em uma região onde os períodos de estiagem não são longos (superiores a 2 meses) e o índice pluviométrico é em torno de 1200mm/ano.

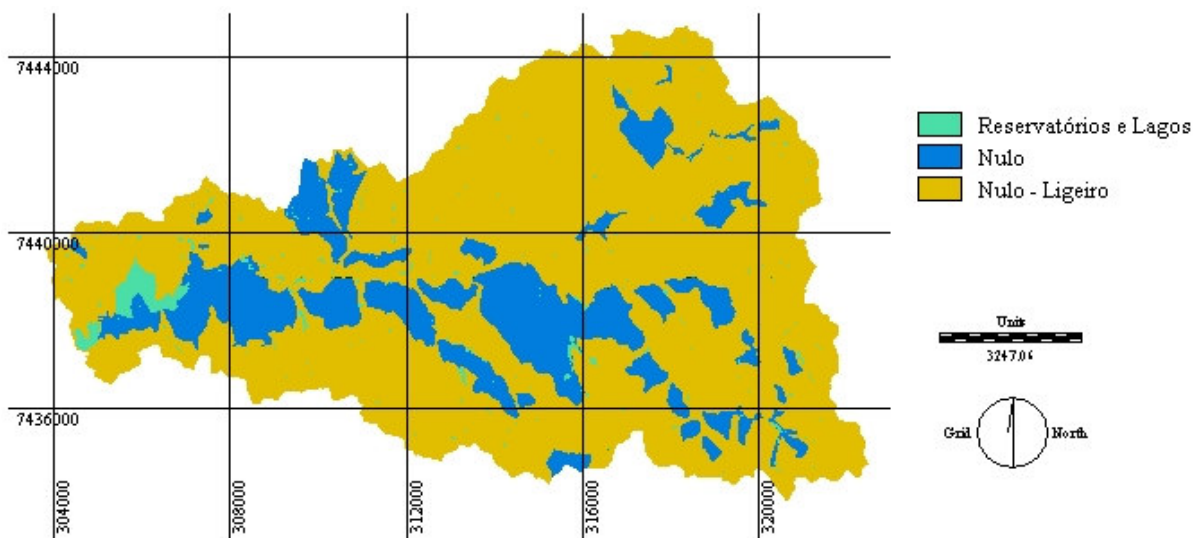


Figura 11: Plano de Informação de deficiência de água.

Entretanto, o PI de excesso de água ou deficiência de O_2 (Figura 12) apresenta uma pequena área, 1,7% da área de estudo, com grau de limitação moderado, estas áreas correspondem aos solos de várzea que apresentam problemas quanto à drenagem natural. Em 18% da área não há limitação, ou seja, grau de limitação nulo e em 78,5% o grau de limitação é ligeiro.

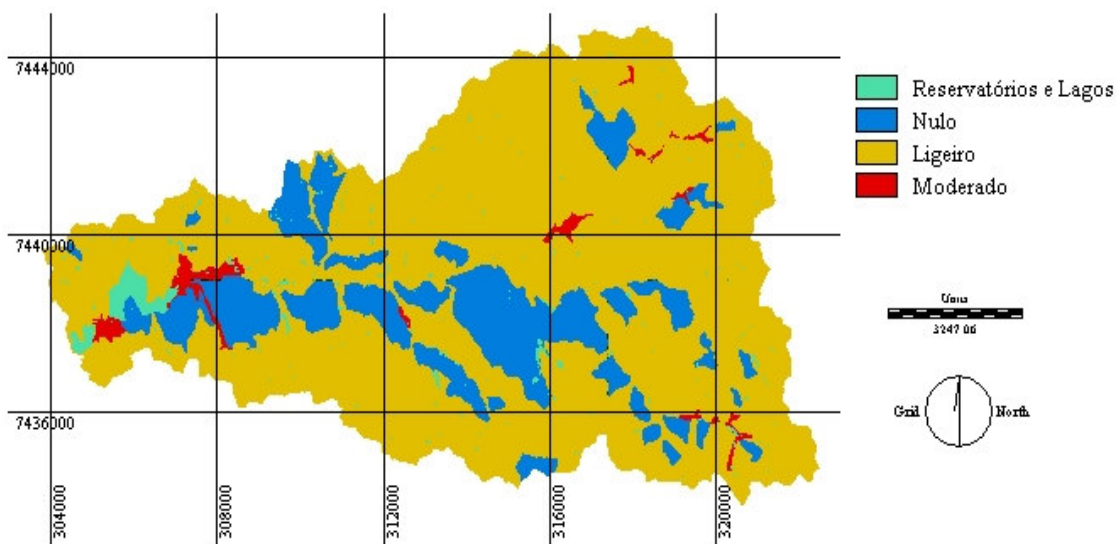


Figura 12: Plano de Informação de deficiência de oxigênio.

Quanto a suscetibilidade à erosão (Figura 13) 6,5% da área de estudo não apresentaram limitações (grau nulo), 11,4% apresentaram ligeira limitação, 14,4% moderada limitação, 19,5% forte limitação, 42,7% limitação muito forte e 5,6% limitação extremamente forte.

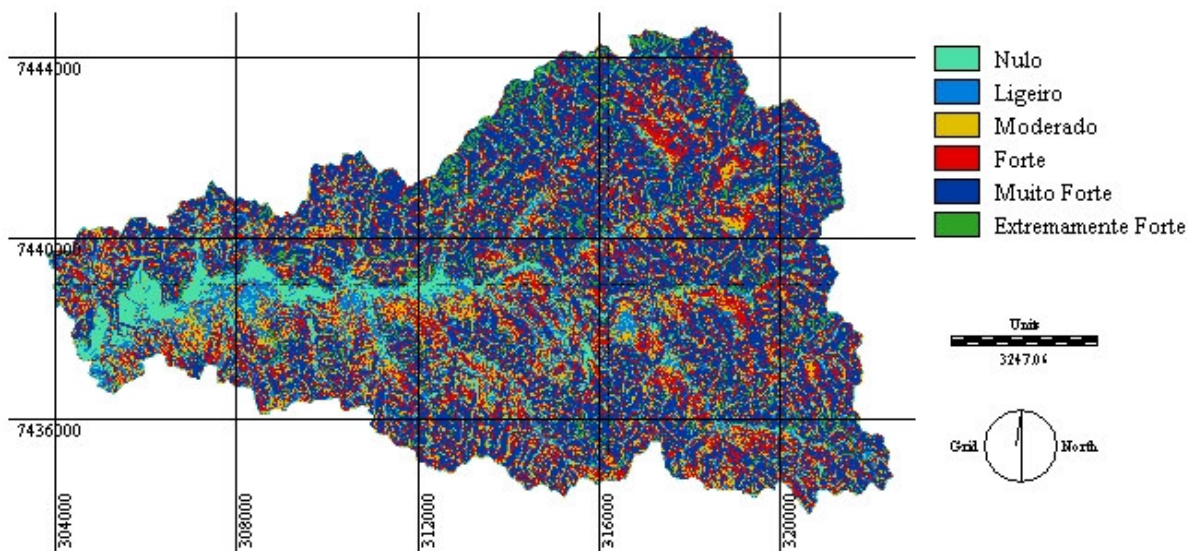


Figura 13: Plano de Informação de suscetibilidade à erosão.

A análise do PI de impedimentos à mecanização (Figura 14) revelou que em 6,5% da área de estudo não apresentaram limitações (grau nulo), 11,4% apresentaram ligeira limitação, 33,9% limitação moderada, 42,7% forte limitação e em 5,6% limitação extremamente forte.

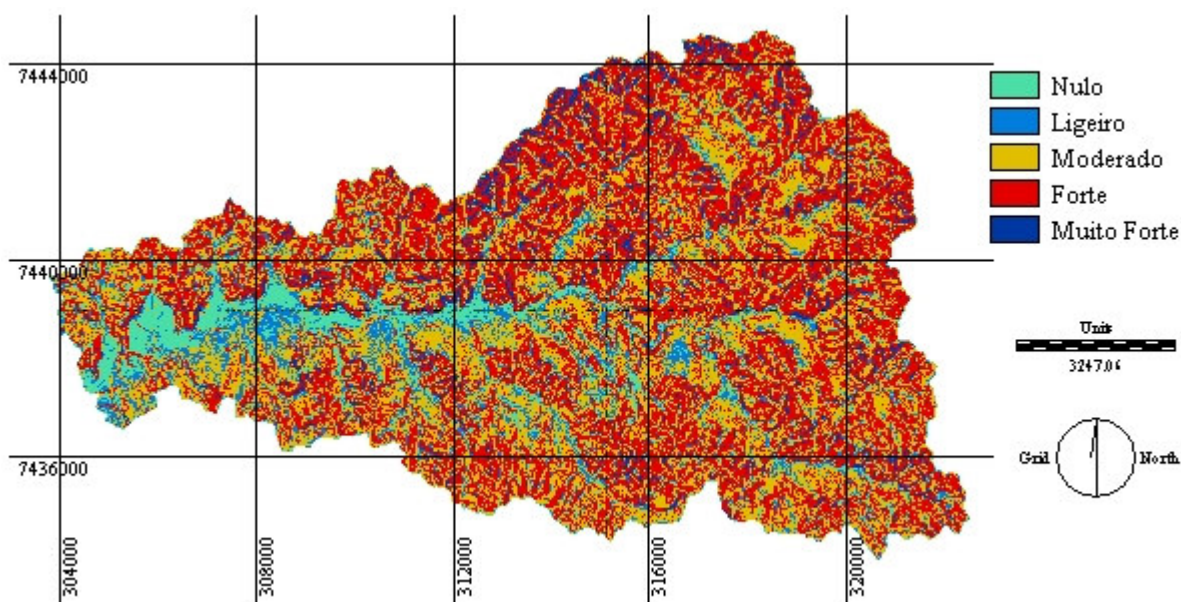


Figura 14: Plano de Informação de impedimentos à mecanização.

Após análise detalhada dos graus de limitação, considerando as condições edáficas, relevo e clima, agruparam-se as terras nos correspondentes subgrupos de aptidão agrícola (Quadro 17) numa composição final do PI de aptidão agrícola (Figura 15), baseada na comparação dos graus de limitação atribuída às terras e nos quadros guias do método descrito por RAMALHO FILHO & BEEK (1995), o qual apresenta 3 (três) diferentes quadros guias, correspondentes as regiões de clima subtropical, tropical úmido e semi-árido. Neste trabalho utilizou-se o quadro guia para região de clima tropical úmido (vide Anexo I).

RAMALHO FILHO & BEEK (1995) enfatizam que os quadros guias ou quadros de conversão são uma orientação geral para a classificação da aptidão agrícola das terras, considerando 5 (cinco) fatores limitantes no que concerne às suas propriedades físicas e químicas, e suas relações com o ambiente. A avaliação pode variar de acordo com as peculiaridades locais, qualidade e diversidade dos dados, assim como nível de detalhamento do estudo.

Quadro 17: Subgrupos de aptidão agrícola das terras da bacia do rio Jundiá-Mirim.

Subgrupo de Aptidão	Caracterização	Área (ha)
1C	Terras com aptidão boa para lavouras de ciclo curto e/ou longo no nível de manejo C	206,4
2c	Terras com aptidão regular para lavouras de ciclo curto e/ou longo no nível de manejo C	1283,7
3(c)	Terras com aptidão restrita para lavouras de ciclo curto e/ou longo no nível de manejo C	2116,9
4P	Terras com aptidão boa para pastagem plantada	3410,3
5S	Terras com aptidão boa para silvicultura	4068,7
6	Terras sem aptidão para uso agrícola	506,5

Para elaboração do PI de adequação do uso e ocupação (Figura 17) realizou-se, primeiro, a reclassificação do PI de uso e ocupação do solo da bacia de acordo com as classes determinadas por RAMALHO FILHO & BEEK (1995) (Figura 16), para posterior cruzamento com o PI de aptidão agrícola. A distribuição relativa dos principais usos do solo consta no Quadro 18.

Quadro 18: Distribuição relativa dos principais usos do solo, segundo RAMALHO FILHO & BEEK (1995).

Usos do solo	Área (ha)	Distribuição relativa (%)
Reservatórios e Lagos	216,39	1,8
Lavouras	1.227,73	10,4
Pastagem plantada	1.720,68	14,6
Silvicultura	1.742,93	14,8
Pastagem natural	1.102,75	9,4
Preservação	3.123,08	26,6
Ocupação urbana/industrial	2.615,49	22,3

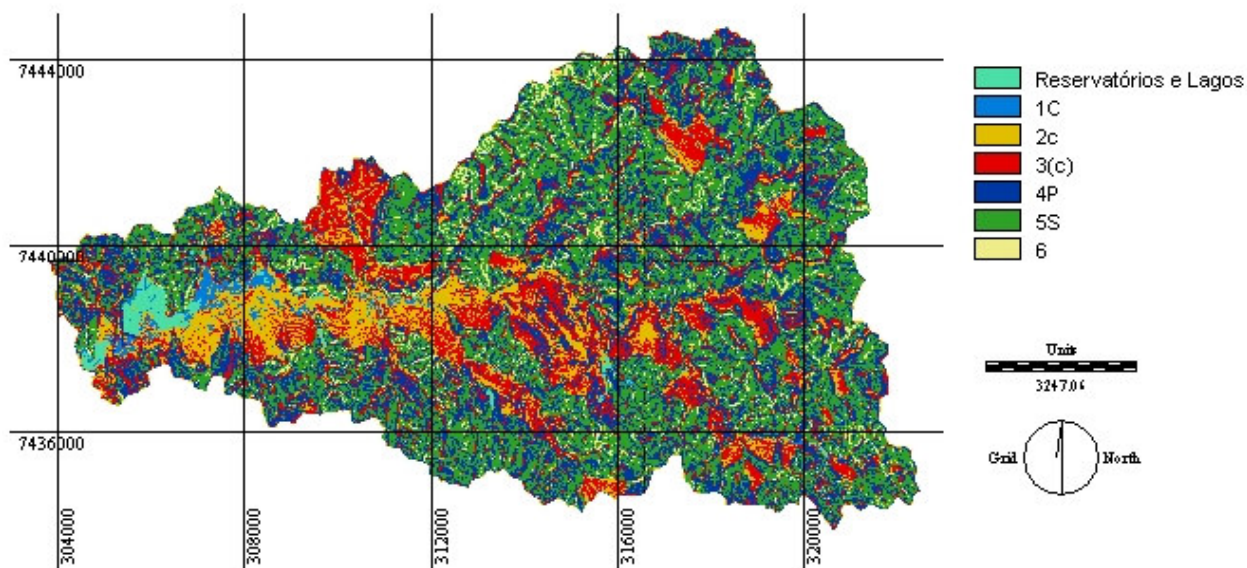


Figura 15: Plano de Informação de aptidão agrícola.

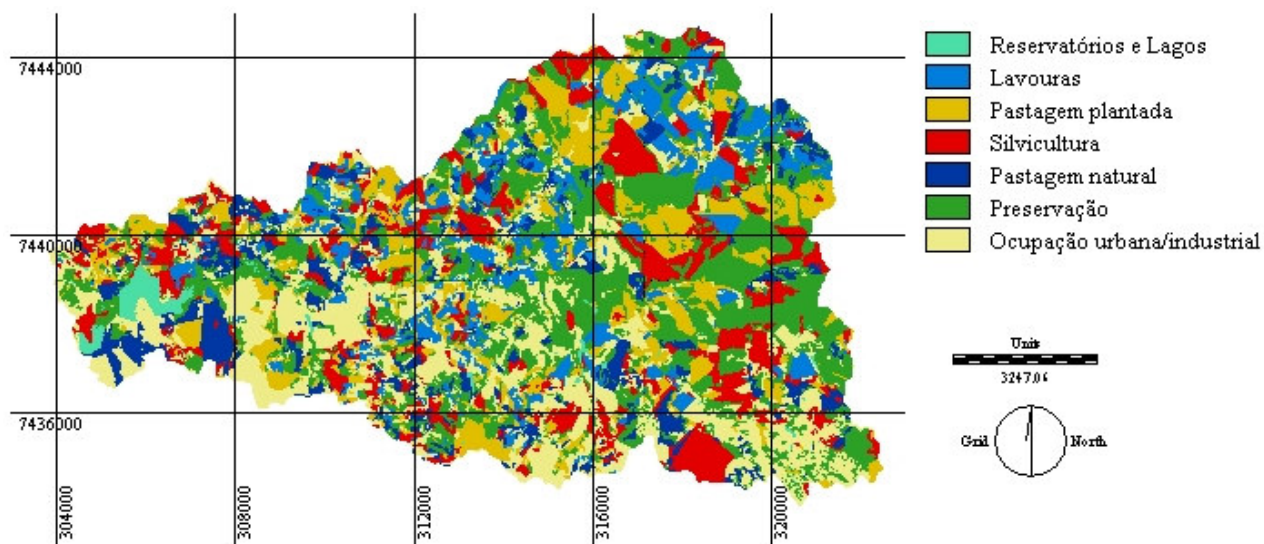


Figura 16: Plano de Informação das classes de aptidão.

Após análise do PI de adequação do uso e ocupação do solo (Figura 17) da bacia do rio Jundiá-Mirim verificou-se que 41,8% da área está sendo subutilizado, ou seja, o uso atual encontra-se abaixo da oferta ambiental, 38,7% encontra-se sobreutilizado com o uso atual acima da oferta ambiental e em apenas 17,6% da área há equilíbrio entre o uso atual e o potencial natural das terras, isto é, uso adequado.

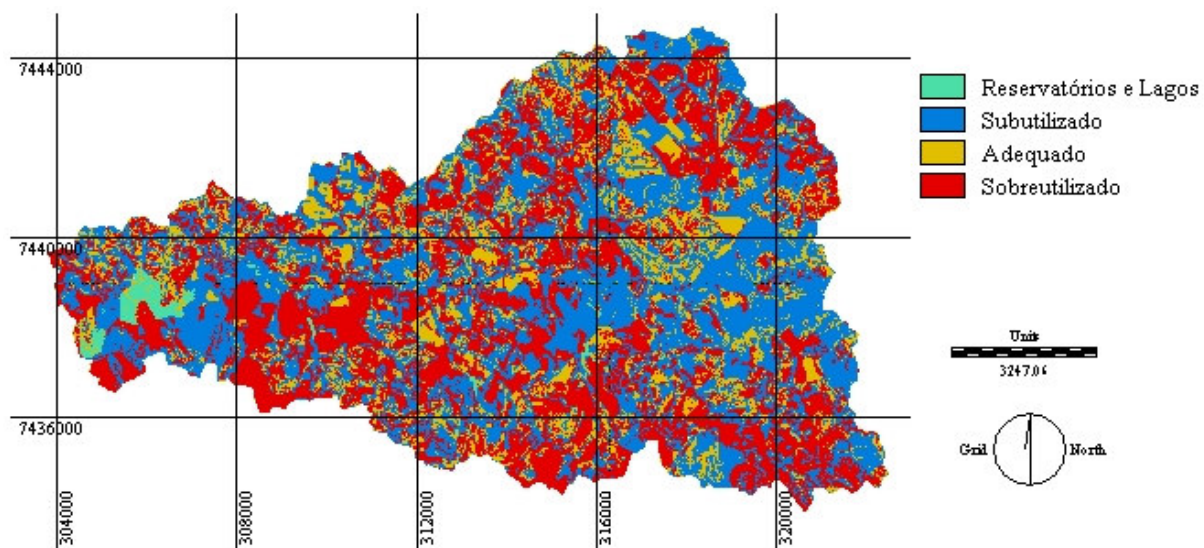


Figura 17: Plano de Informação de adequação do uso e ocupação.

As áreas consideradas sobreutilizadas apresentam relevo acentuado, baseado na metodologia adotada estas áreas devem ser de preservação, já as áreas consideradas subutilizadas são áreas aptas a lavouras, pastagem e estão sendo utilizadas para outros fins como pastagem, silvicultura e até mesmo ocupação urbana e industrial. Esse resultado representa uma importante ferramenta para o gerenciamento dos recursos hídricos e para os tomadores de decisão, uma vez que planos futuros para o uso e ocupação do solo da bacia podem ser baseados nesse PI, e até mesmo a liberação de recursos financeiros para os agricultores, por exemplo: aqueles que ocupam terras aptas a lavouras de ciclo curto e/ou longo estão aptos a receber recursos, já aqueles que se encontram em terras aptas apenas para pastagem solicitarem recursos para lavouras podem ser orientados a praticar outros cultivos mais adequados para sua propriedade, como silvicultura (exploração de madeira comercial).

Para as áreas consideradas de preservação podem ser elaborados planos que apresentem alternativas de renda para o agricultor e que auxiliem na fixação dos agricultores no campo, sendo assim pode-se evitar a expansão urbana desordenada com loteamentos irregulares, um dos problemas mais visíveis na bacia. Estes planos devem conter alternativas para a recuperação de áreas degradadas, corroborando com a recarga do lençol, podendo ser exploradas de maneira sustentável, a médio longo prazo, para extração de madeira apresentando outra alternativa de renda para o agricultor.

Para análise da expectativa de risco sob o aspecto da adequação do uso e ocupação do solo (Figura 18) o PI de adequação do uso e ocupação foi estratificado em áreas de baixo e alto risco. As áreas com usos considerados subutilizado e adequado foram classificadas em áreas de baixo risco, correspondendo a 61,1% da área total da bacia; e as áreas com uso considerado sobreutilizado foram consideradas áreas de alto risco, correspondendo a 38,9% da área total da bacia.

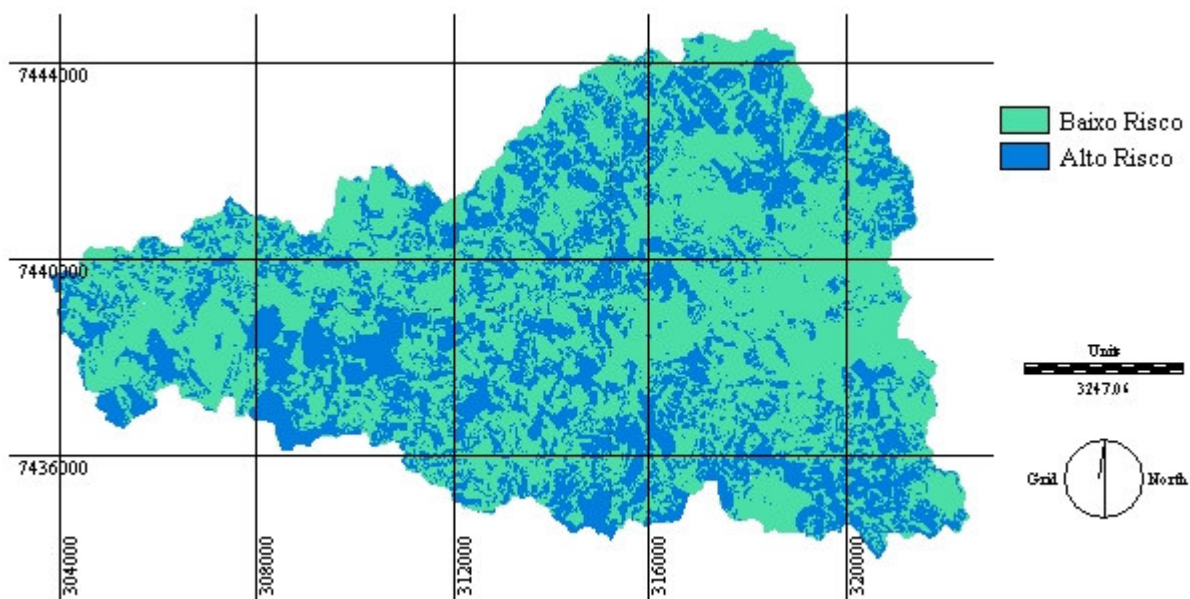


Figura 18: Plano de Informação da expectativa de risco sob o aspecto da adequação do uso e ocupação.

5.4. Caracterização do Procedimento Agrícola

O uso agrícola que é o objeto de estudo deste trabalho ocupa, aproximadamente, 50% da área total da bacia. Dentre as principais culturas, destaca-se a uva com 9% da área e fruticultura (outros e citrus) com 4,5%, seguidos da horticultura com 3,5% e culturas anuais com 2,6%. Entretanto, 30% da área agrícola é ocupada com reflorestamento e cerca de 49% é constituído de pastagens, estes usos exigem manejos agrícolas rústicos, ou seja, representam baixo risco de degradação dos recursos hídricos sob a ótica dos procedimentos agrícolas.

A grande maioria destas áreas de pastagens e reflorestamento ocupa terrenos com declividades acentuadas, inaptas para outros usos agrícolas, conforme constatado na realização das entrevistas. As áreas de pastagens são utilizadas como áreas de descanso do solo ou muitas vezes são simplesmente áreas inproveitadas na propriedade.

Foram entrevistados 47 produtores agrícolas, considerando as culturas predominantes determinadas na análise do plano de informação do uso e ocupação do solo, isto é, aquelas que apresentam ocupações significativas ao longo da bacia. Essas entrevistas foram à base para avaliação das expectativas de risco.

Para a obtenção da carta de expectativas de riscos de degradação dos recursos hídricos sob o aspecto do procedimento agrícola, os usos agrícolas foram divididos em horticultura,

fruticultura uva, fruticultura (outros) e cultura anual. Posterior esta divisão estes usos foram analisados individualmente, baseada nas equações 1 e 2 e a estratificação das classes na tabela 6, visando caracterização dos procedimentos agrícolas adotados pra estes usos.

A prática da horticultura nesta unidade hidrográfica apresentou os indicadores assistência técnica (Ind. I) e uso de defensivos (Ind. II) em médio risco, 2,0 e 2,9 respectivamente, a combinação da classe dos indicadores enquadraram este uso na classe de expectativa de degradação dos recursos hídricos em médio risco. Outro uso que se enquadra na classe de médio risco é a cultura anual, com os indicadores I e II apresentando médio risco, 2,1 e 3,2 respectivamente.

Por outro lado os usos referentes à fruticultura, tanto uva quanto outros, enquadram-se na classe de expectativa de degradação dos recursos hídricos em médio alto risco. A uva e os outros cultivos de fruticultura, ao longo da bacia, apresentaram o indicador I na classe de médio risco (2,2 e 2,2 respectivamente) e o indicador II na classe de médio alto risco (3,5 e 3,5 respectivamente). Para estes usos o indicador II enquadrou-se na classe de médio alto risco, principalmente, devido ao uso combinado de defensivos agrícolas de diferentes classes de toxidez.

A Figura 19 ilustra a distribuição das áreas de expectativas de risco de degradação, considerando os procedimentos agrícolas, dos recursos hídricos da bacia do rio Jundiá Mirim. O Quadro 19 apresenta as áreas de expectativas de risco e suas respectivas distribuições relativas, com aproximadamente 50% da área total da bacia, a área agrícola apresenta 39% da área da bacia com baixa expectativa de risco, 3,0% com média expectativa de risco e 7,5% com média alta expectativa de risco.

As áreas ocupadas por vegetação nativa, independente do estágio de desenvolvimento, lagos e reservatórios foram consideradas como áreas de risco muito baixo. Entretanto, as áreas de ocupação urbana, industrial, mineração, loteamentos e chácaras foram consideradas como áreas de alto risco.

A consideração para áreas com baixa expectativa de risco foi baseada nas visitas a campo, durante a realização das entrevistas, uma vez que estas áreas estão divididas em pastagens e áreas de reflorestamento e exigem poucos tratos, neste caso específico estas áreas ocupam áreas com declividades acentuadas, praticamente inapropriadas para a prática agrícola. Portanto, o uso de agroquímicos nestas áreas é esporádico ou não existe.

Quadro 19: Áreas de expectativas de risco.

Classe	Área (ha)	Distribuição relativa (%)
Risco Muito Baixo	3339,7	28,4
Baixo risco	4566,7	38,9
Médio risco	358,9	3,1
Médio Alto risco	869,2	7,4
Alto risco	2615,5	22,3
Total	11750	100

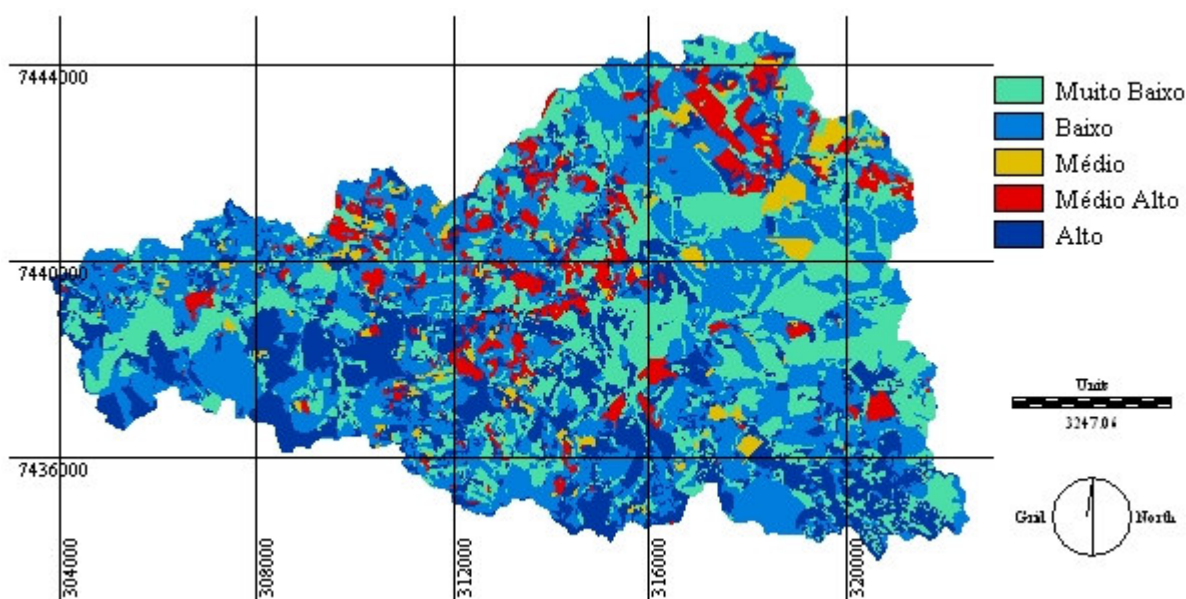


Figura 19: Plano de informação do risco – procedimento agrícola

5.5. Expectativa de Risco de Degradação dos Recursos Hídricos

O PI da expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos (Figura 20) gerado a partir da combinação dos planos de informação do PNE e tolerância a perdas de solo (risco de erosão), da adequação do uso e ocupação do solo e do procedimento agrícola, foi estratificado em áreas de baixa, média e alta expectativa de risco.

A bacia do rio Jundiá Mirim apresenta uma alta expectativa de risco de degradação em 41,6% de sua área total, com maior concentração do centro da bacia para jusante e nas

montantes norte e sul; 47,5% apresenta expectativa de risco média, estas áreas encontram-se em sua maioria no centro da montante da bacia, principalmente; e em 10,9% a expectativa de risco é baixa, com maior ocorrência no centro da unidade hidrográfica em estudo e ao longo do curso d'água e reservatórios na jusante.

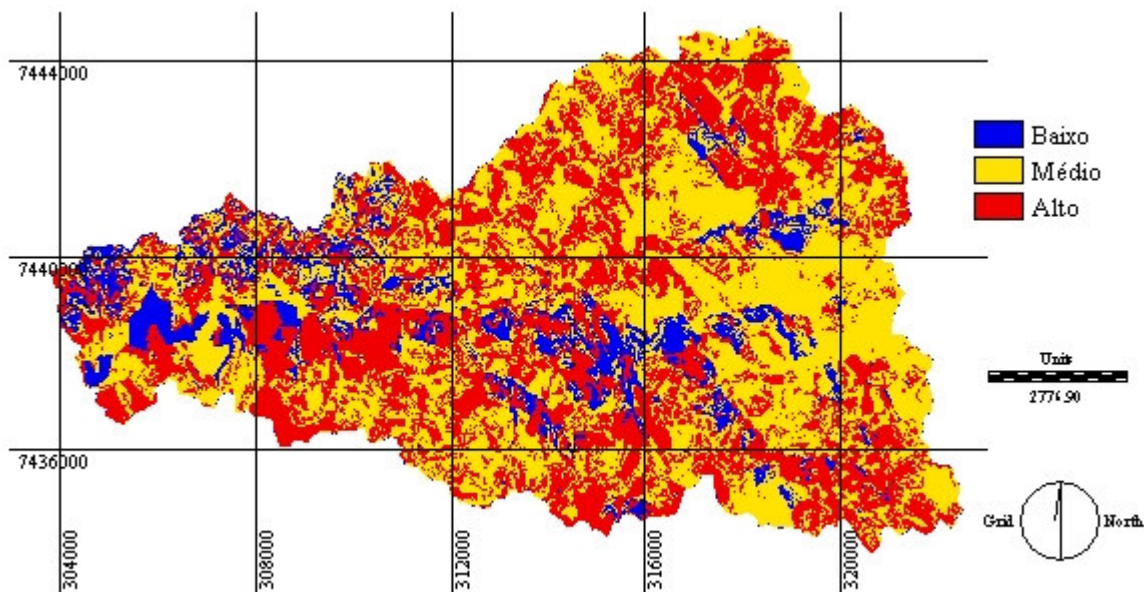


Figura 20: Plano de informação da expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos.

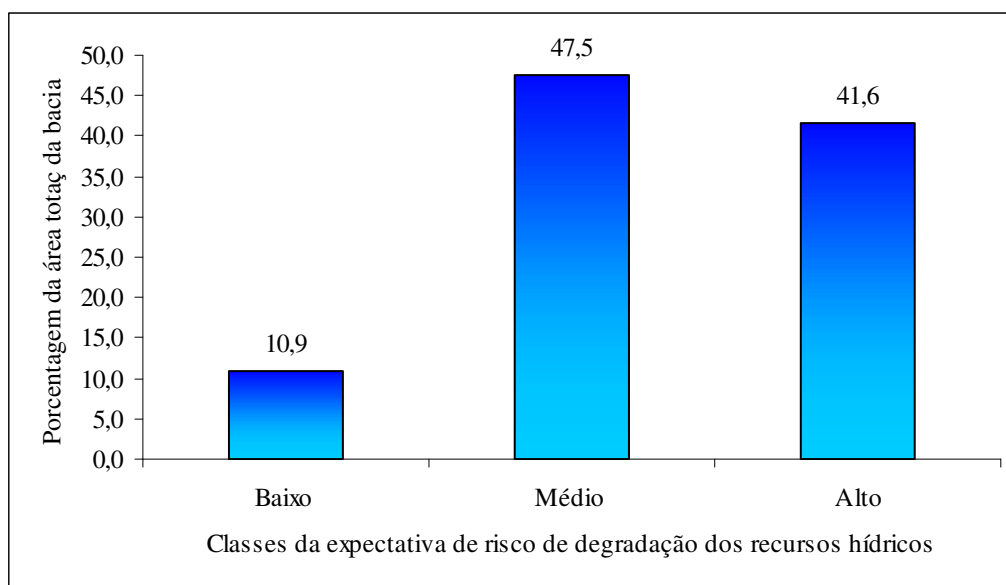


Figura 21: Distribuição relativa, em porcentagem, das classes de expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos em relação à área total da bacia em estudo.

5.6. Área de Afluência Variável

Para determinar as áreas de afluência variável utilizou-se a divisão da bacia do rio Jundiá Mirim, elaborada por MORAES et al (2002), em 18 sub bacias. A divisão foi necessária para atender exigências do *software* utilizado para elaboração destes planos de informação e também possibilitou uma análise com maior detalhamento.

Os planos de informação da área variável de afluência (Apêndice III) foram cruzados com o plano de informação de expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos.

O Quadro 20 ilustra a distribuição relativa da área variável de afluência em relação a área total de cada sub bacia. A Figura 22 mostra que 7 sub bacias apresentam entre 25 e 40% da área variável de afluência como áreas com alta expectativa de risco de degradação (Figuras 23 a 29), 9 sub bacias acima de 40% da área variável de afluência como áreas com alta expectativa de risco de degradação (Figuras 30 a 38) e apenas 2 sub bacias apresentam índices inferiores a 20% deste quesito (Figuras 39 e 40).

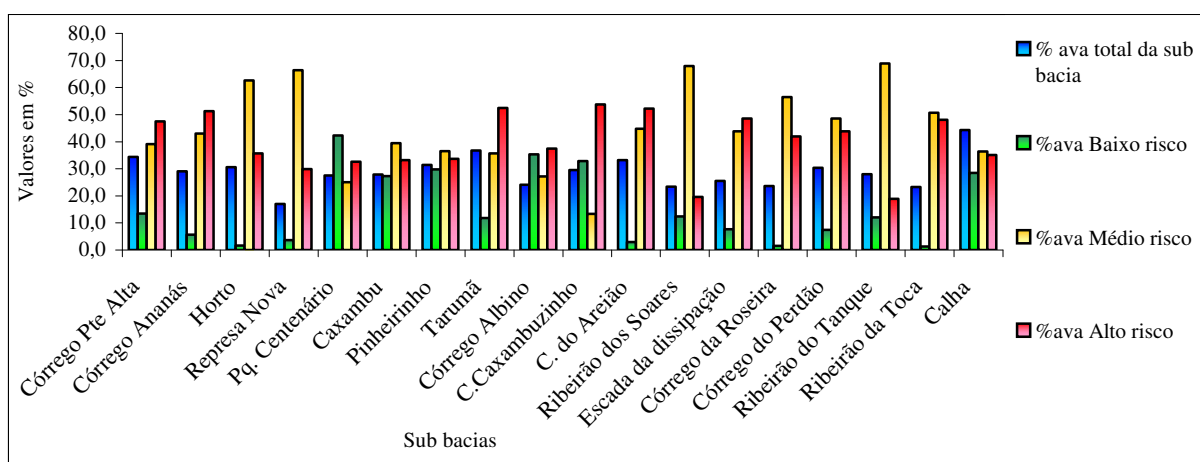


Figura 22: Distribuição relativa, em porcentagem, das classes de expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos em relação à área variável de afluência.

Quadro 20: Áreas de expectativas de risco na área variável de afluência em cada sub bacia.

Sub Bacia	A total (ha)	A ava (ha)	%ava	%ava Baixo risco	%ava Médio risco	%ava Alto risco
Córrego Pte Alta	1010,3	347,2	34,4	13,5	39,1	47,5
Córrego Ananás	264,8	102,6	38,7	5,7	43,0	51,3
Horto	318,8	97,4	30,6	1,6	62,7	35,7
Represa Nova	165,1	28,2	17,1	3,7	66,4	29,9
Pq. Centenário	285,1	78,6	27,6	42,3	25,1	32,6
Caxambu	659,1	183,9	27,9	27,3	39,5	33,2
Pinheirinho	463,5	145,9	31,5	29,8	36,5	33,7
Tarumã	367,5	135,2	36,8	11,9	35,6	52,5
Córrego Albino	288,7	69,5	24,1	35,3	27,2	37,4
C.Caxambuzinho	228,4	67,5	29,5	32,9	13,3	53,8
C. do Areião	557,4	185,4	33,3	3,0	44,8	52,2
Ribeirão dos Soares	1119,2	262,2	23,4	12,4	67,9	19,7
Escada da dissipação	1038,4	264,5	25,5	7,7	43,8	48,5
Córrego da Roseira	962,4	227,9	23,7	1,6	56,4	42,0
Córrego do Perdão	1382,9	420,3	30,4	7,5	48,6	43,9
Ribeirão do Tanque	1226,9	343,7	28,0	12,1	68,9	18,9
Ribeirão da Toca	383,2	89,2	23,3	1,3	50,6	48,1
Calha	946,2	422,8	44,7	28,5	36,4	35,1

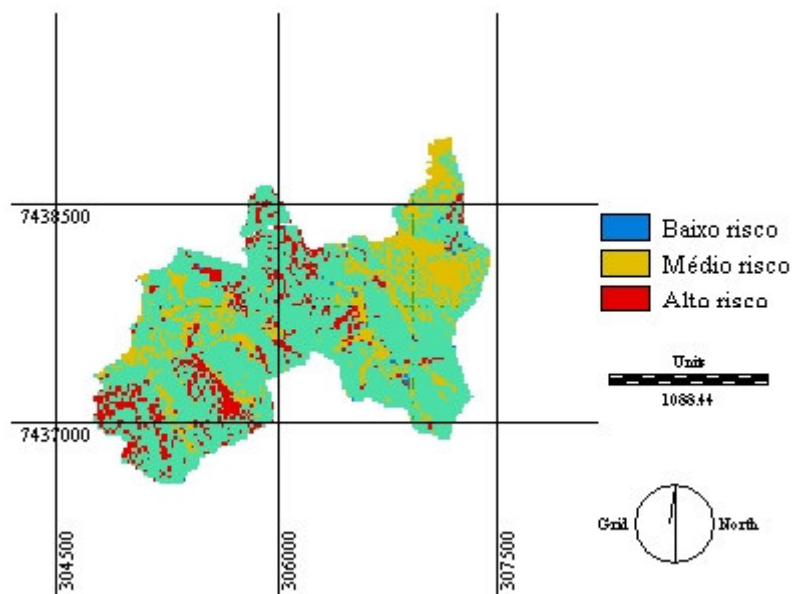


Figura 23: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Horto.

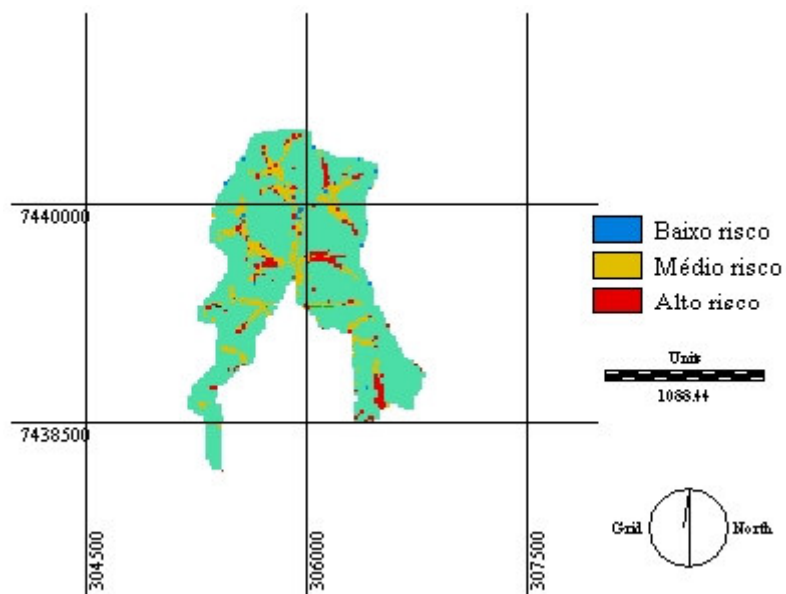


Figura 24: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Represa Nova.

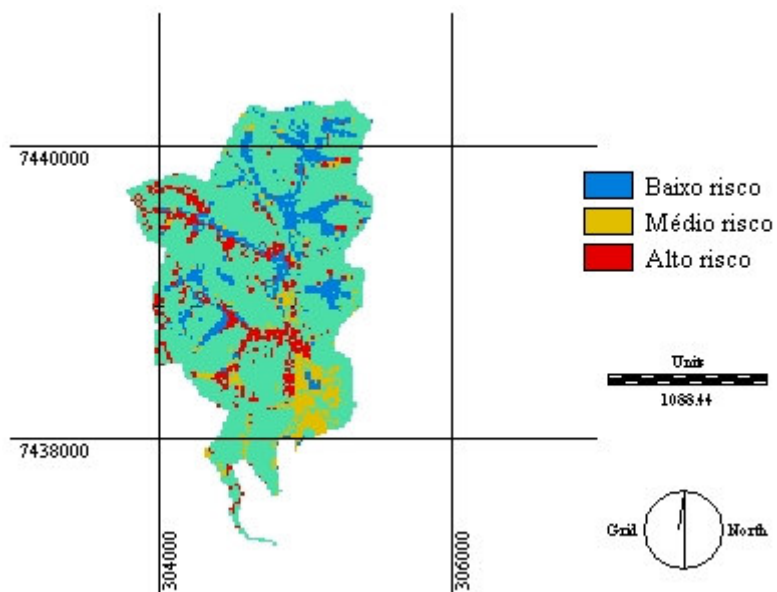


Figura 25: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Parque Centenário.

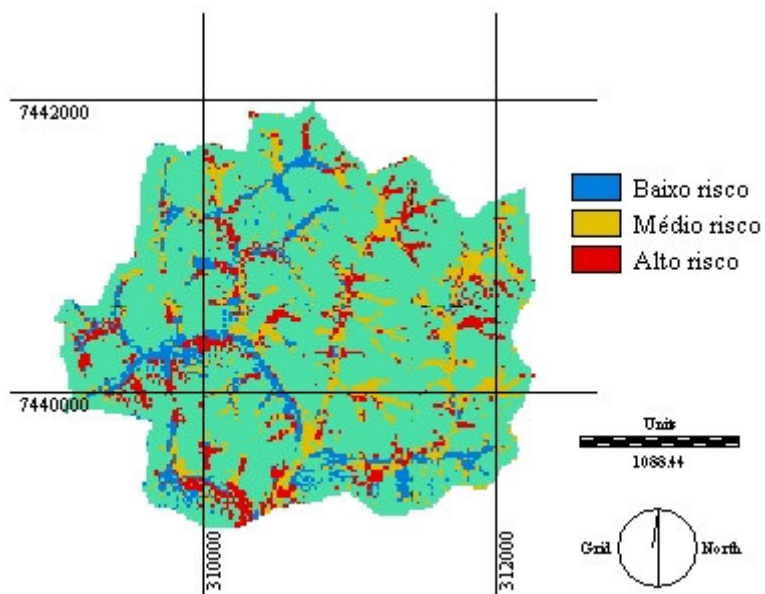


Figura 26: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Caxambu.

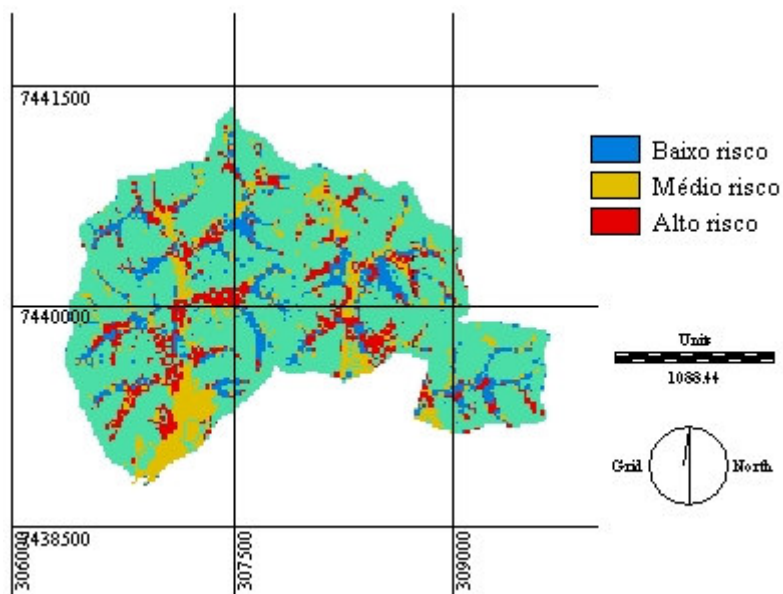


Figura 27: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Pinheirinho.

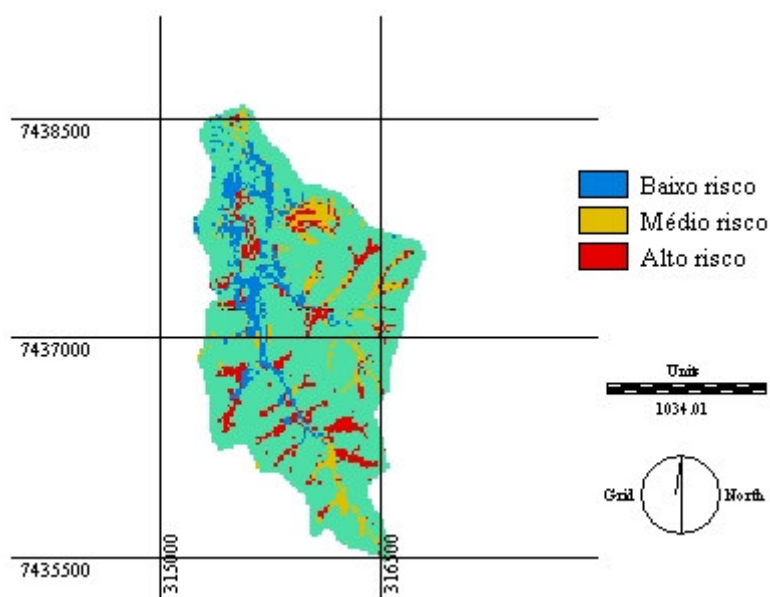


Figura 28: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego Albino.

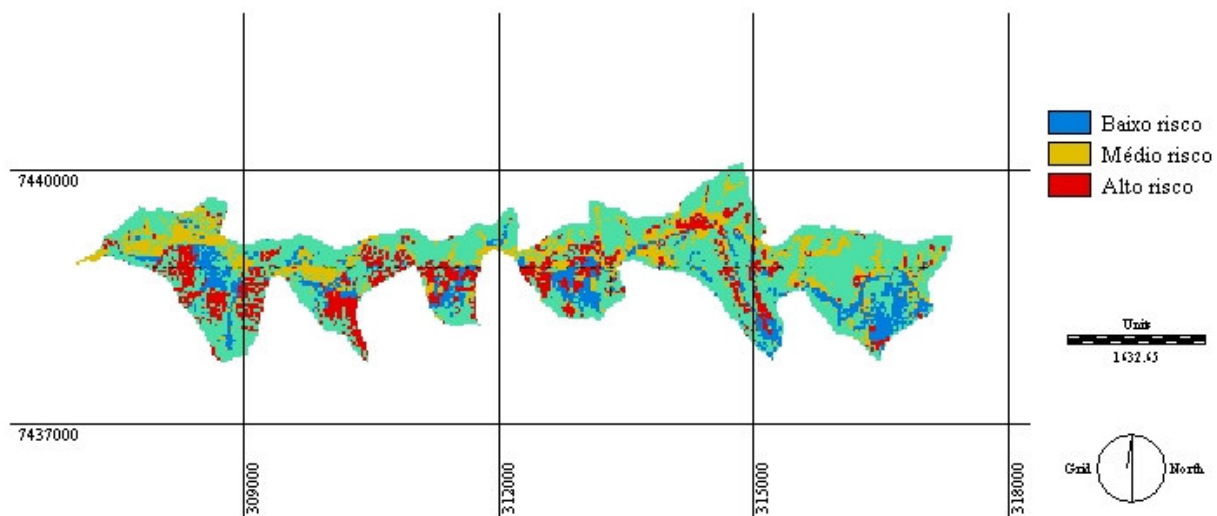


Figura 29: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Calha.

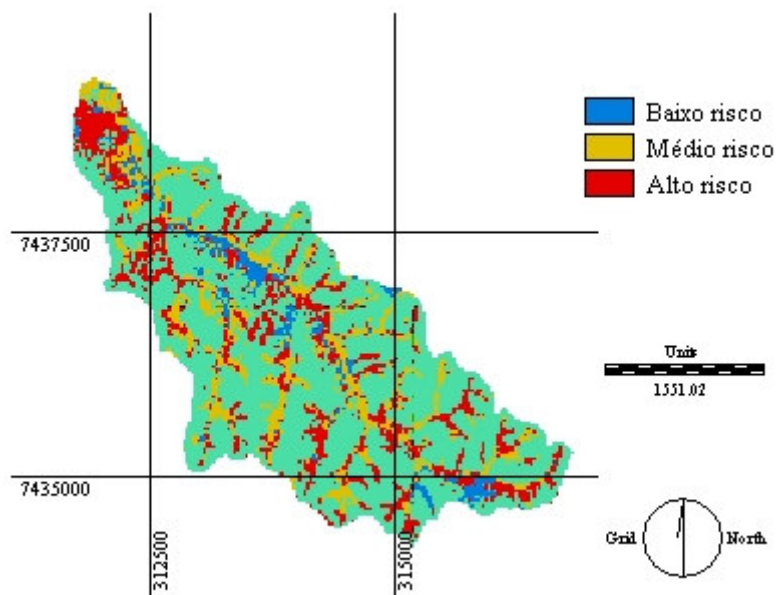


Figura 30: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego Ponte Alta.

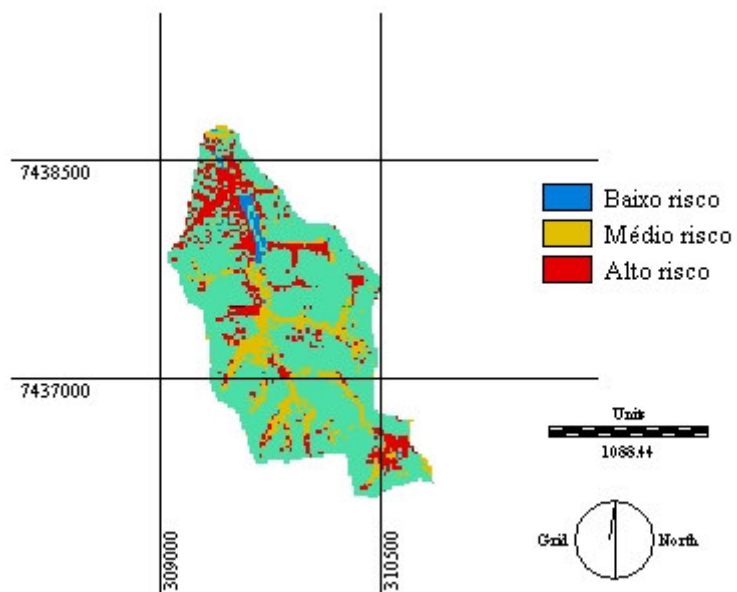


Figura 31: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego Ananás.

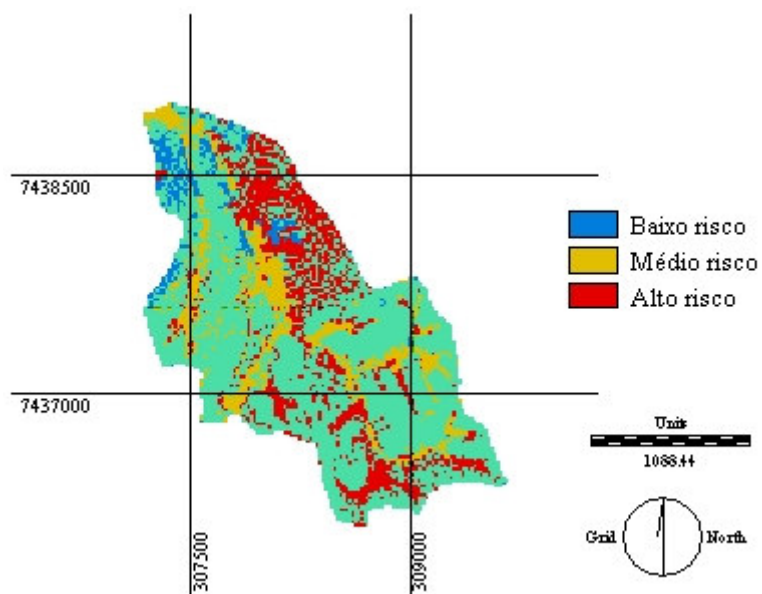


Figura 32: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Tarumã.

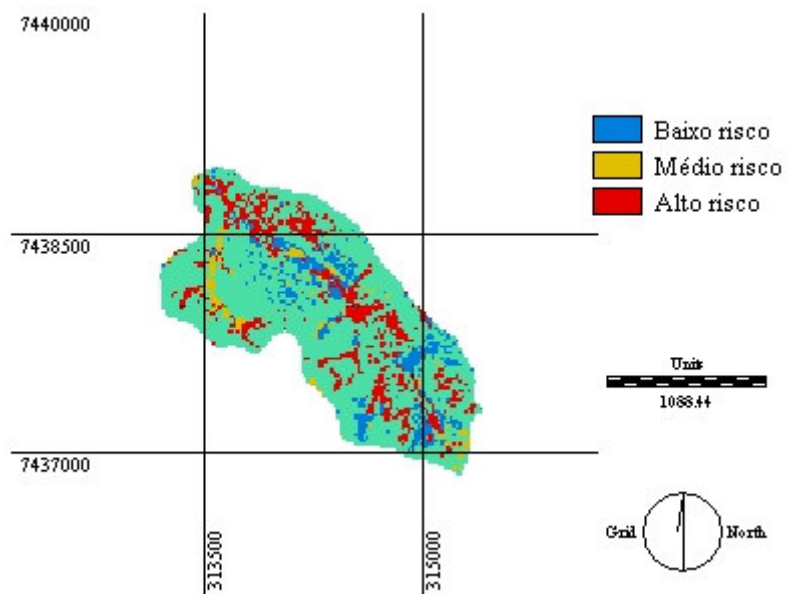


Figura 33: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego Caxambuzinho.

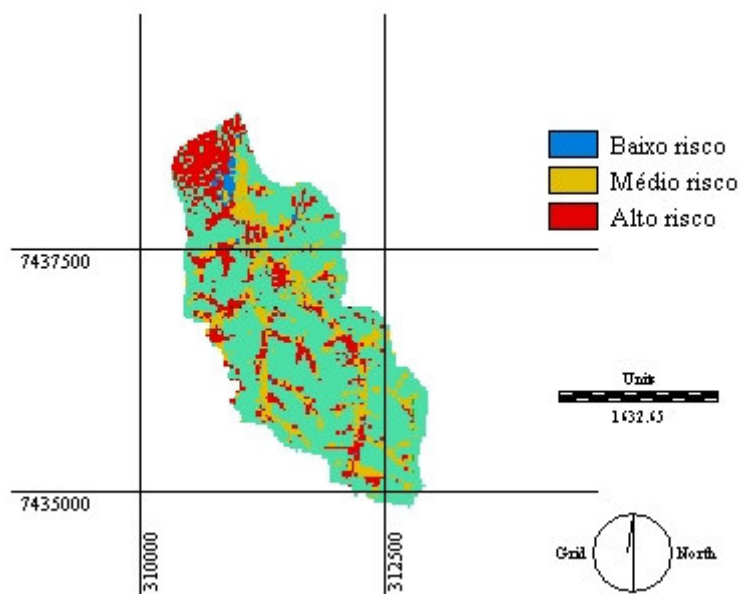


Figura 34: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego do Areião.

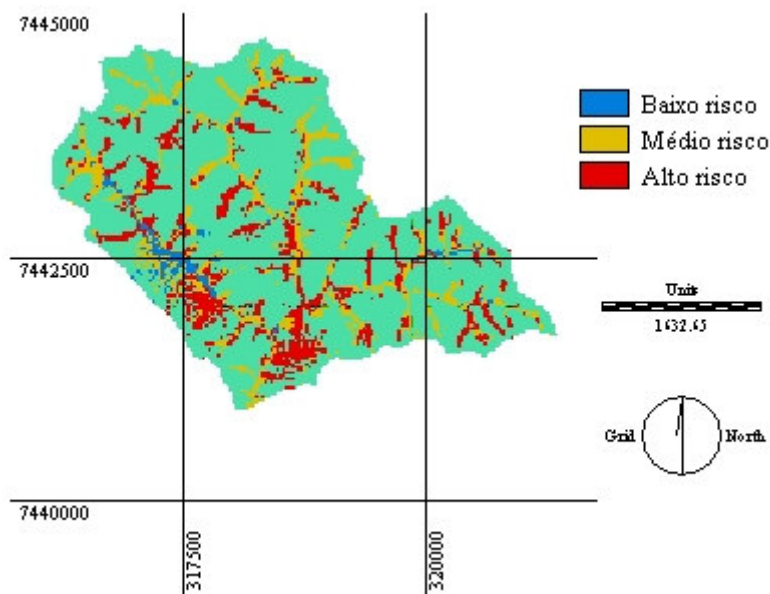


Figura 35: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Escada da Dissipação.

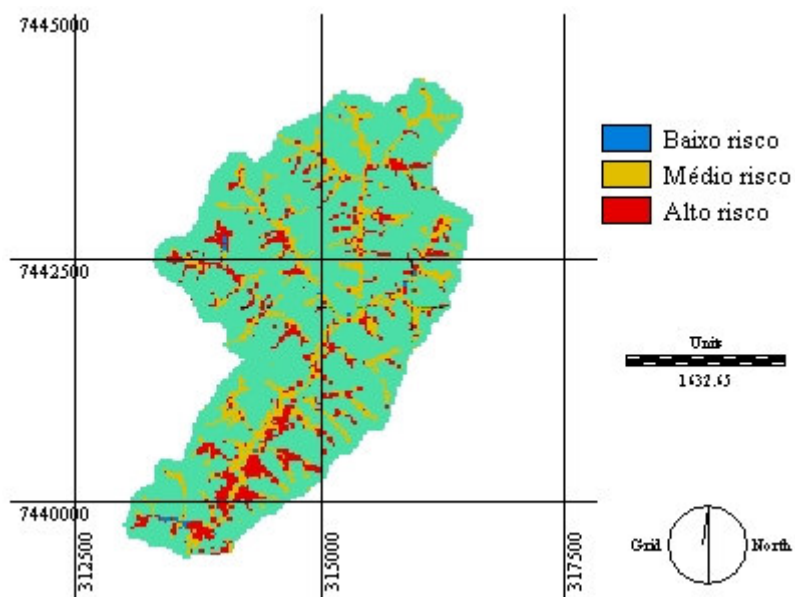


Figura 36: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego da Roseira.

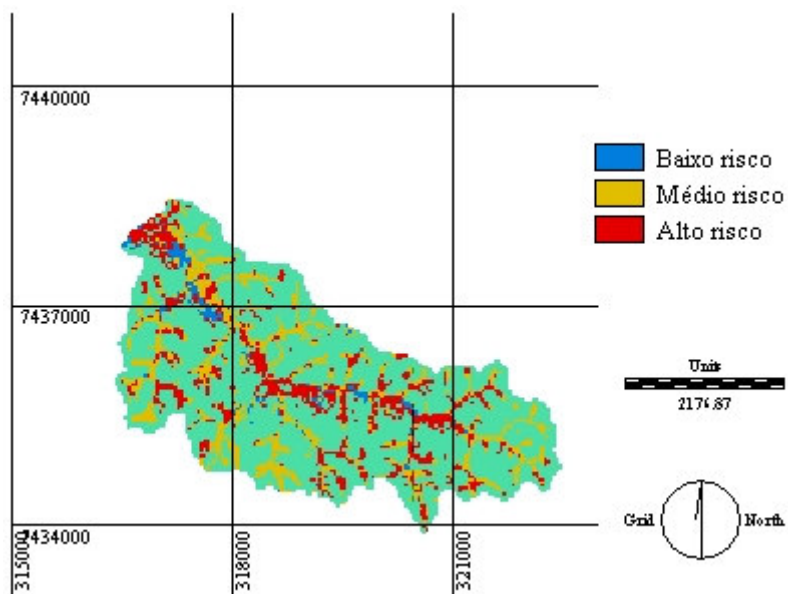


Figura 37: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Córrego do Perdão.

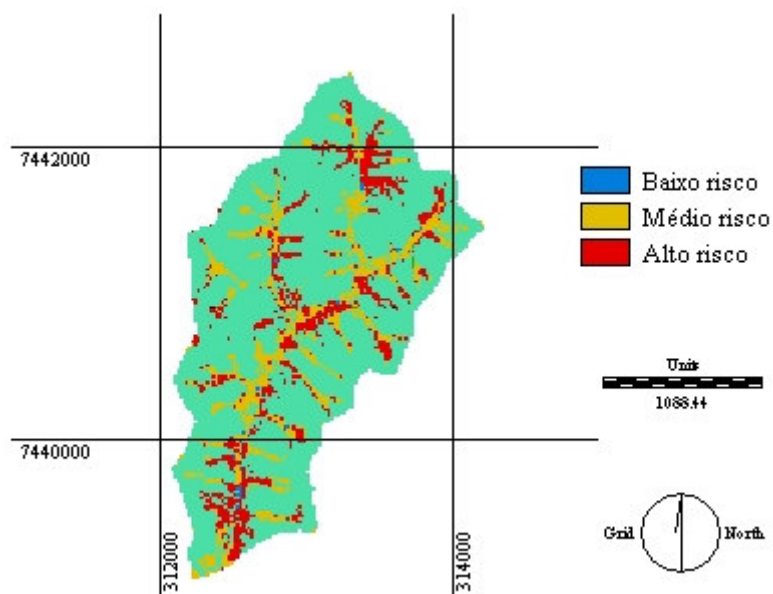


Figura 38: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Ribeirão da Toca.

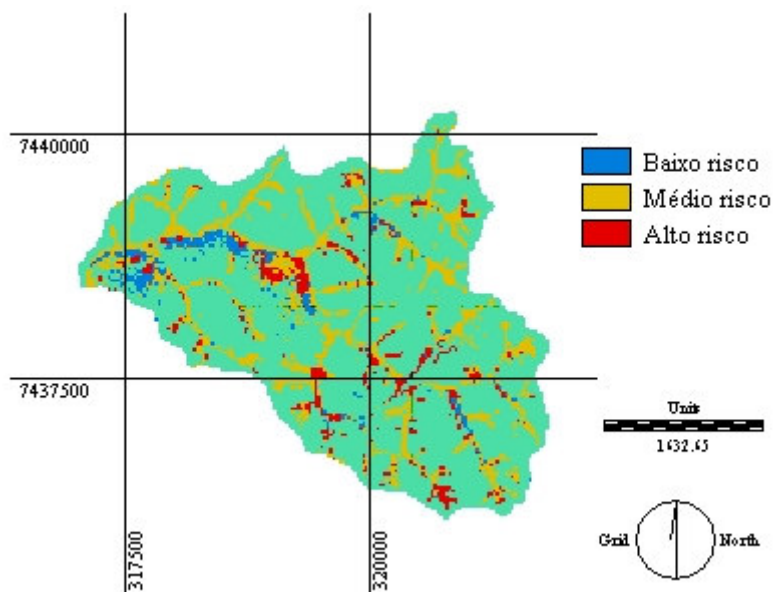


Figura 39: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Ribeirão Soares.

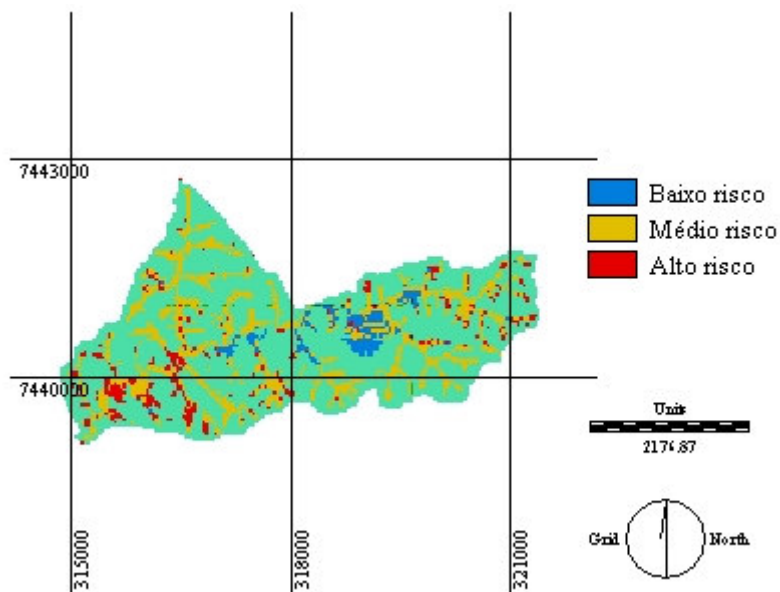


Figura 40: Expectativa de risco na área variável de afluência da sub bacia Ribeirão do Tanque.

Numa análise mais detalhada em relação a estas áreas com alta expectativa de risco de degradação na área de afluência variável de cada sub bacia, pelo cruzamento deste PI com o PI de uso e ocupação reclassificado (Quadro 21 e Figura 41), onde foi constatado que 10 sub bacias apresentam na área variável de afluência com alta expectativa de risco, ocupações superiores a 70% representadas por áreas industriais e/ou urbanas. O que indica que as ações

prioritárias para estas áreas devem ser no sentido de adequar o uso e ocupação do solo e até mesmo restringir tais usos, como no caso de loteamentos e futuras instalações industriais, a fim de minimizar tal expectativa de risco.

As sub bacias Caxambu, Pinheirinho e Ribeirão dos Soares apresentam ocupações entre 50% e 70% representadas por atividades industriais e/ou urbanas (Quadro 21). Entretanto, é notável o uso do solo por lavouras e pastagens, o que implica em ações combinadas que ampliem a assistência técnica fornecida ao produtor e sentido de adequar o uso e ocupação do solo.

As outras 5 sub bacias, restantes, Represa Nova, Ribeirão do Tanque, Córrego da Roseira, Ribeirão da Toca e em especial Escada da Dissipação, apresentam ocupações inferiores a 50% representadas por atividades industriais e/ou urbanas (Quadro 21), mas as áreas ocupadas por lavouras e pastagens são significativas e neste caso específico as ações prioritárias são aquelas voltadas ao fornecimento de assistência técnica aos produtores.

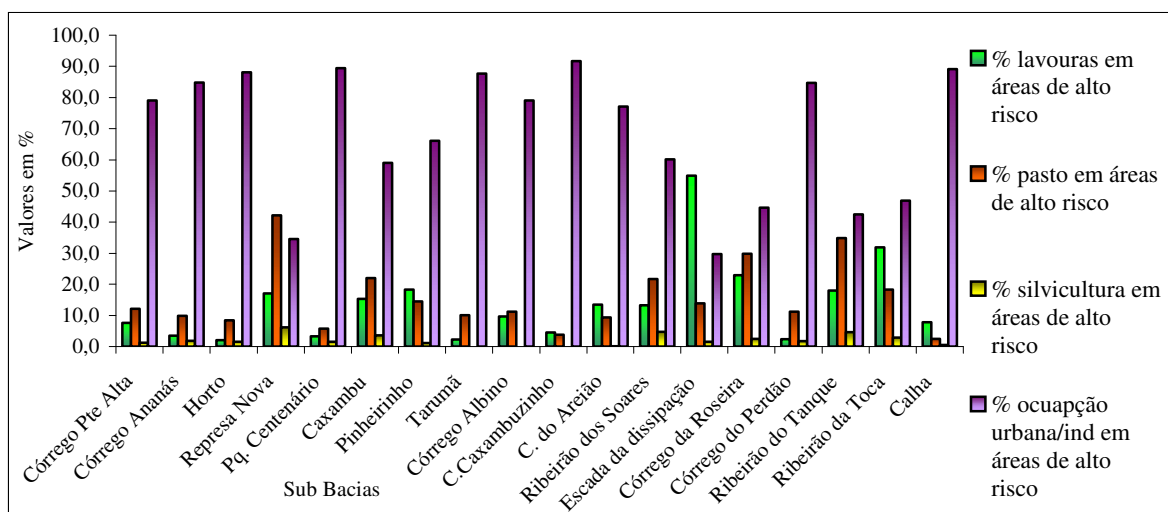


Figura 41: Distribuições do uso, em porcentagem, nas áreas com alta expectativa de risco da área variável de afluência, nas sub bacias.

Quadro 21: Distribuições do uso nas áreas com alta expectativa de risco da área variável de afluência.

Sub Bacia	A ava (ha)	Área A (ha)	%lav/alto risco	%past/alto risco	%Silv/alto risco	%Urb/alto risco
Córrego Pte Alta	347,2	143,1	7,6	12,1	1,2	79,0
Córrego Ananás	102,6	31,1	3,5	9,8	1,9	84,8
Horto	97,4	32,3	2,1	8,4	1,5	88,0
Represa Nova	28,2	3,7	17,1	42,2	6,2	34,6
Pq. Centenário	78,6	24,0	3,3	5,8	1,6	89,4
Caxambu	183,9	47,6	15,3	22,0	3,6	59,1
Pinheirinho	145,9	39,0	18,2	14,5	1,1	66,2
Tarumã	135,2	66,2	2,3	10,0	0,0	87,7
Córrego Albino	69,5	22,4	9,7	11,2	0,0	79,1
C.Caxambuzinho	67,5	34,7	4,5	3,7	0,0	91,7
C. do Areião	185,4	85,1	13,5	9,3	0,1	77,1
Ribeirão dos Soares	262,2	42,8	13,3	21,8	4,7	60,2
Escada da dissipação	264,5	82,4	54,9	13,8	1,5	29,7
Córrego da Roseira	227,9	66,5	23,0	29,9	2,4	44,7
Córrego do Perdão	420,3	166,4	2,3	11,2	1,7	84,7
Ribeirão do Tanque	343,7	47,4	17,9	34,9	4,7	42,5
Ribeirão da Toca	89,2	33,5	31,9	18,3	2,9	46,9
Calha	422,8	135,3	7,8	2,5	0,6	89,1

VI. Conclusões

A agricultura ao longo da bacia do rio Jundiaí-Mirim é caracterizada, em sua maioria, por propriedades com áreas inferiores a 10 ha e de caráter familiar. Durante as duas últimas décadas os procedimentos agrícolas tradicionais vêm sofrendo alterações, tornando-se (uma agricultura) intensiva com um vasto emprego de fertilizantes, agroquímicos, irrigação e, em alguns casos, maquinários agrícolas.

Como resultado desta caracterização, pequenas propriedades e agricultura familiar, há uma dificuldade em implantar um plano de manejo em escala de bacia-hidrográfica, para esta área/unidade hidrográfica, visando a manutenção da produção agrícola e a redução dos riscos ao meio ambiente.

A metodologia utilizada se mostrou adequada quanto a avaliação da expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos tanto sob os aspectos do risco de erosão, procedimentos agrícolas e uso e ocupação do solo, quanto para a área variável de afluência. A divisão da bacia em unidades menores possibilita ações específicas para cada quesito estudado, como por exemplo, fornecimento de assistência técnica, uso e ocupação do solo, etc.

A utilização do conceito de áreas de acumulação de água (zona ripária) no planejamento direciona ainda mais para as áreas que merecem uma atenção especial dentro de uma unidade hidrográfica, em função da importância destas áreas para a vitalidade qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos, ressaltada ao longo do trabalho.

A caracterização de áreas de expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos para unidades hidrográficas como um todo é um passo fundamental para análises posteriores, como no caso do presente trabalho, a partir destes valores qualitativos nortearam-se análises nas áreas de acumulação de água (zona ripária) e podem-se definir ações prioritárias para áreas menores (sub bacias), o que implica numa ferramenta para o gestor.

VII. Referências Bibliográficas

AHRENS, S. **O instituto jurídico da reserva (ambiental) legal: conceito, evolução e perspectivas**. 2001. 59 f. Monografia (Conclusão de Curso de Graduação em Direito) – PUC-PR, Curso de Direito, Curitiba.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Ícone. São Paulo (SP), 1990.

BRANDÃO, D. **Risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do ribeirão Pinhal – Limeira (SP): uma proposta metodológica**. Campinas (SP), Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 1998. (Dissertação de Mestrado).

CAVALIERI, A. **Erodibilidade do solo: Avaliação por meio de propriedades físicas e químicas**. Campinas (SP), Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 1994. (Dissertação de Mestrado).

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 4^a ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

CHIARINI, J.V. & DONZELI, P.L. **Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo**. Boletim Técnico n° 3. Campinas, Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, p.89 – 105, 1973.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 5 ed., São Paulo: Cortez, 2001.

COHON, J. L. **Multiobjective programming and planning**. New York, 1978.

FERRETTI, A. R. et al. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 73 –77, 1995.

GALVÃO, A. P. M. e MEDEIROS, A. C. S. **Restauração da mata atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. 134 p., Embrapa Florestas, Colombo (PR), 2002.

GÓMEZ, J. A. et al. Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards. **Soil Use and Management**, v. 19, p. 127 – 134, 2003.

HUBER, A., BACH, M., FREDE, H., G. Pollution of surface waters with pesticides in Germany: modeling non-point source inputs. **Agriculture Ecosystems & Environment**. v.80, n.3, p.191 – 204. 2000.

HUDSON, N. **Soil Conservation**. Ithaca, N.Y., Cornell University Press, 1981.

JUCHEM, P. A. **Técnicas para avaliação de impacto ambiental e elaboração de estudos de impacto ambiental de empreendimentos selecionados – projetos de aproveitamento hidrelétrico**. In: JUCHEM, P. A. (coord.) MAIA: Manual de avaliação de impactos ambientais. 3 ed. Convênio Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA)/ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Curitiba, 1999.

LIMA, W. P. & ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de Matas Ciliares**. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. F. “Matas Ciliares: Conservação e Recuperação”. São Paulo: Edusp/Fapesp, cap. 3, p. 33 – 44, 2000.

LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo**. Campinas (SP): Instituto Agrônômico, 1975.

LUDOVICE, M. T. F. **Influencia da Faixa-Filtro de *Brachiaria decumbens* na Retenção de Atrazina, Nutrientes e Sedimentos em Escoamento Superficial**. Campinas (SP), Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 2003. (Tese de Doutorado).

LUDOVICE, M. T. F. ROSTON, D. M. & TEIXEIRA FILHO, J. Efeito da faixa-filtro na retenção de atrazina em escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.323-328, Campina Grande – PB, 2003.

MELO, A. C. G. **Reflorestamentos de restauração de matas ciliares: análise estrutural e método de monitoramento no médio Vale do Paranapanema (SP)**, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – UFSCar, 2004. (Dissertação de Mestrado).

MORAES, J. F. L. et al. **Diagnóstico Agroambiental para Gestão e Monitoramento da Bacia do Rio Jundiá Mirim**. Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Jundiá, 2002.

NAIMAN, R. J. & DÉCHAMPS, H. The ecology of Interfaces: Riparian Zones. *Annual Review Ecol. System*, v.28, p.621 – 658, 1997.

OLIVEIRA, P. S. G. **Estudo das várzeas visando o controle de cheias urbanas e a restauração ecológica: o caso do parque linear do ribeirão das pedras, em Campinas, SP**. Campinas (SP), Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 2003. (Tese de Doutorado).

PINAY, G. RUFFINONI, C. & FABRE, A. Nitrogen cycling in two riparian forest soils under different geomorphic conditions. *Biogeochemistry*, v. 30, p. 9 – 29, 1995.

PORTO, M. F. A. **Estabelecimento de parâmetros de controle de poluição**. In: PORTO, R. L. L., (org.); BRANCO, S. M.; CLEARY, R. W.; COIMBRA, R. M.; EIGER, S.; LUCA, S. J.; NOGUEIRA, V. P. Q.; PORTO, M. F. A. “Hidrologia Ambiental”. São Paulo: Edusp: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, 1991.

RENARD, K.G. et al. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)**. US Department of Agriculture Agricultural Handbook n°. 703. USDA, Washington DC, 1997.

RICHARDSON, R. J. et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

SIVIERO, M. R. L. **Estudo de ocupação de solo a montante de uma seção do rio Atibaia associada à descarga sólida transportada**. Campinas (SP), Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2003. (Tese de Doutorado).

SUAREZ DE CASTRO, F. **Conservación de suelos**. 298p., Madrid, Salvat, 1956.

VAZ da SILVA, P. P. **Sistemas agroflorestais para recuperação de mata ciliares em Piracicaba, SP**. Piracicaba (SP), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 2002. (Dissertação de Mestrado).

VON SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos – princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1, 2 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1996.

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. US Department of Agriculture Agricultural Handbook N°. 537. USDA, Washington DC, 1978.

YOUNES, M. and GALAL - GORCHEV, H.. Pesticides in Drinking Water – A Case Study. **Food and Chemical Toxicology**. v.38, p.87 – 90, 2000.

YOUNG, A. F. **Análise comparativa da qualidade e zoneamento ambiental de duas microbacias urbano-rurais: uma contribuição metodológica**. Campinas (SP), Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 2000. (Dissertação de Mestrado).

ZALIDIS, G., STAMATIADIS, S., TAKAVAKOGLOU, V., ESKRIDGE, K., MISOPOLINOS, N. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.88, p.137 – 146, 2002.

ANEXO I

Quadro guia de avaliação da aptidão agrícola das terras (região de clima tropical úmido).

Aptidão Agrícola			Graus de limitação das condições das terras para os níveis de manejo A, B e C															Tipo de utilização indicado
Grupo	Subgrupo	Classe	Deficiência de fertilidade			Deficiência de água			Excesso de água			Suscetibilidade à erosão			Impedimentos à mecanização			
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	1ABC	Boa	N/L	N/L1	N2	L/M	L/M	L/M	L	L1	N/L1	L/M	N/L1	N2	M	L	N	Lavouras
2	2abc	Regular	L/M	L1	L2	M	M	M	M	L/M1	L2	M	L/M1	N2/L2	M/F	M	L	
3	3(abc)	Restrita	M/F	M1	L2M2	M/F	M/F	M/F	M/F	M1	L2M2	F	M1	L2	F	M/F	M	
4	4P	Boa		M1			M			F1			M/F1			M/F		Pastagem plantada
	4p	Regular		M1/F1			M/F			F1			F1			F		
	4(p)	Restrita		F1			F			F1			MF			F		
5	5S	Boa		M1/F1			M			L1			F1			M/F		Silvicultura e/ou
	5s	Regular		F1			M/F			L1			F1			F		
	5(s)	Restrita		M/F			F			L/M1			MF			F		
	5N	Boa	M/F			M/F			M/F			F			MF			Pastagem natural
	5n	Regular	F			F			F			F			MF			
	5(n)	Restrita	MF			MF			F			F			MF			
6	6	Sem aptidão agrícola																Preservação da flora e da fauna

Graus de limitação: N – nulo; L – ligeiro; M – moderado; F – forte; MF – muito forte; / - intermediário.

APÊNDICE I

Aspectos físicos dos solos da bacia utilizados no cálculo da erodibilidade.

Solo	AG(%)	AF(%)	Silte(%)	Arg(%)	C(%)	Perm	M	Permeabilidade	DMP	R	K
CX1	42,0	5,5	7,0	43,0	1,4	4	0,005096	0,017922	0,017810	0,010575	0,0158
CXa	48,5	5,0	5,5	40,0	1,8	4	0,004634	0,017922	0,020418	0,015700	0,0178
CX2	42,0	5,5	7,0	43,0	1,4	4	0,005096	0,017922	0,017810	0,010575	0,0158
LVd	14,0	3,0	14,0	69,0	1,9	2	0,003942	0,008961	0,006142	0,004784	0,0115
LVA	49,5	6,5	7,5	36,5	1,7	3	0,00665	0,013442	0,020984	0,015134	0,0142
PVd	59,0	6,0	3,5	31,5	1,3	3	0,004868	0,013442	0,024804	0,013794	0,0073
Re/Rd	60,0	6,5	11,5	22,0	1,6	5	0,010502	0,022403	0,025319	0,017265	0,0249
GX	40,0	15,0	11,0	34,0	2,0	6	0,012836	0,026884	0,017917	0,014388	0,0362
CX1+PV	50,5	6,0	5,0	37,0	1,4	3	0,005060	0,013442	0,021329	0,012715	0,0099
Ad	60,0	6,5	11,5	22,0	1,6	5	0,010502	0,022403	0,025319	0,017265	0,0249

APÊNDICE II

Entrevista – Caracterização do procedimento agrícola na bacia do rio Jundiá-Mirim

Identificação: _____

Data: _____

Nome da propriedade: _____

Nome do proprietário/arrendatário: _____

Profissão: _____

Endereço: _____ Tel: _____

1. O proprietário/arrendatário reside no imóvel? () Sim () Não

2. Área total da propriedade (ha):

3. Principais atividades

Culturas/Criação	Área (ha)	Tempo de cultivo	Ciclo da cultura
Espaçamento			

4. Uso do solo

Uso do solo	Área () ha () alq
Área total	
Área cultivada	
Mata nativa	
Reflorestamento	
Pastagem natural	
Pastagem plantada	
Área inaproveitada	
Sedes e benfeitorias	

5. Possui ou pratica

Prática	Área () ha () alq
Área de preservação	
Áreas com erosão	
Práticas conservacionistas	
Plantio direto	
Adubação verde	
Proteção de nascentes (minas d'água)	
Quebra vento	
Consorciamento	
Terraceamento	
Cordão vegetativo	
Práticas de reciclagem	

Compostagem	
Uso de cinzas	
Chorume	
Esterco	
Lixo urbano	
Vinhaça	

6. Se possui terraço qual a distância vertical entre terraços? _____

7. A qualidade e quantidade de água dos rios e córregos da região ao longo dos anos manteve-se a mesma? ☐ Sim

☐ Não. Em que sentido, onde e por quê? _____

8. Como é preservada a água da propriedade? _____

9. O sr(a) acha que vale a pena manter áreas com vegetação nativa?

☐ Sim. Por quê? _____ ☐

Não

10. O sr(a) utiliza ou pratica com frequência nas principais atividades:

Item	Sim	Não	Em parte da área ou cultura
Agroquímicos (defensivos)			
Sementes compradas/certificadas			
Fertilizantes químicos			
Adubo orgânico			
Corretivos (calcário)			
Curvas de nível			
Colhedeira mecânica (alugada ou não)			
Irrigação			
Beneficia algum produto. Qual(is)?			

11. Qual a faixa de toxidez dos defensivos agrícolas utilizados?

☐ Classe I ☐ Classe II ☐ Classe III ☐ Classe IV

Cor: _____ 12. Como é o armazenamento dos defensivos agrícolas e seu destino? _____

13. Qual a frequência de utilização dos defensivos agrícolas? _____

14. Como é feita a manutenção dos equipamentos? _____

15. Qual a frequência de irrigação? Qual a vazão ou volume, área irrigada? _____

16. Possui sistema de drenagem no local irrigado? ☐ Sim ☐ Não

17. Recebe assistência técnica? ☐ Sim ☐ Não

De quem e com que frequência? _____

18. Já ocorreu enchente no local?

☐ Sim. O que foi feito? _____ ☐ Não

19. Quais os danos causados pela enchente? _____

20. Existe problema de erosão na propriedade? ☐ Sim ☐ Não

21. Quais os controles de erosão utilizados? _____

APÊNDICE III

Área variável de afluência das sub bacias da bacia do rio Jundiá Mirim.

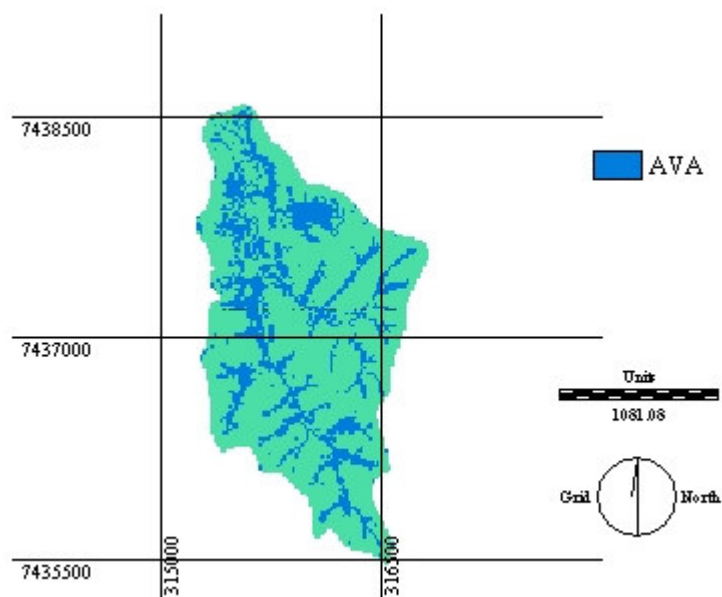


Figura 1: Área variável de afluência da sub bacia Córrego Albino.

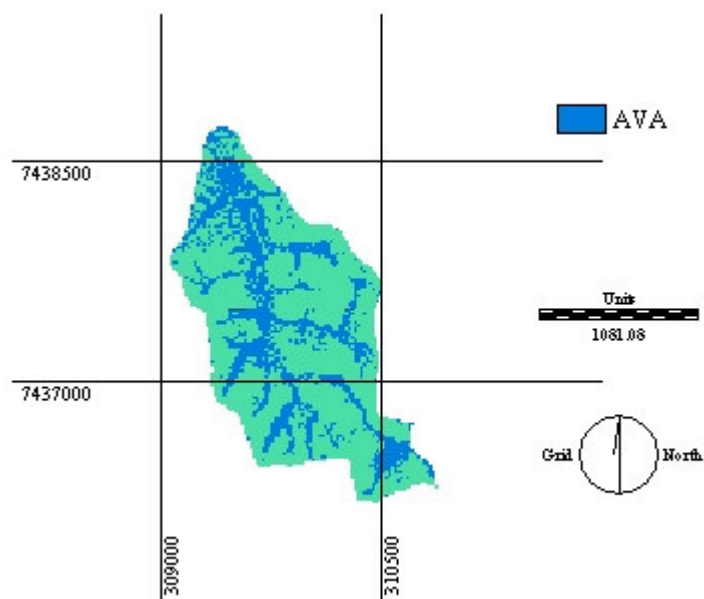


Figura 2: Área variável de afluência da sub bacia Córrego Ananas.

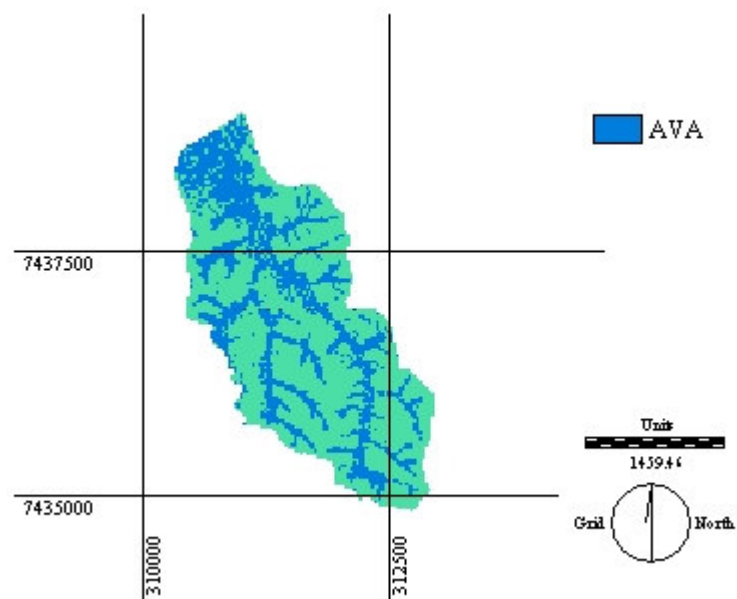


Figura 3: Área variável de afluência da sub bacia Córrego do Areião.

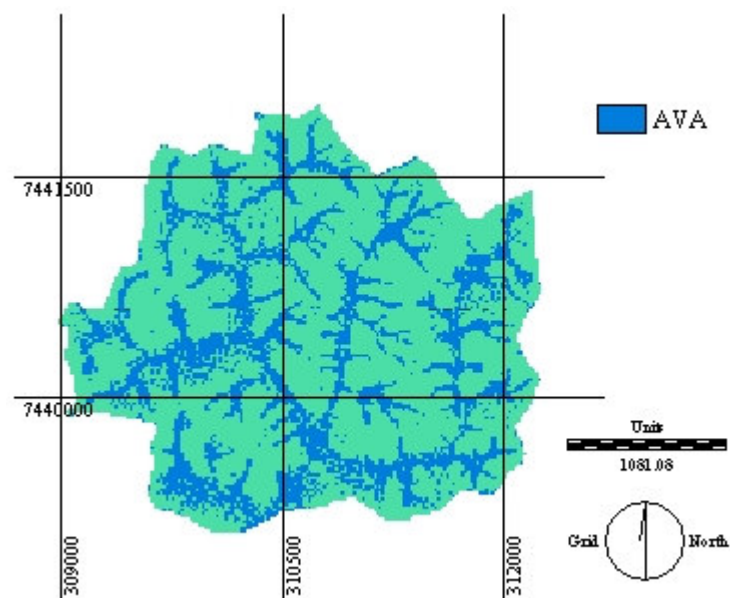


Figura 4: Área variável de afluência da sub bacia Caxambu.

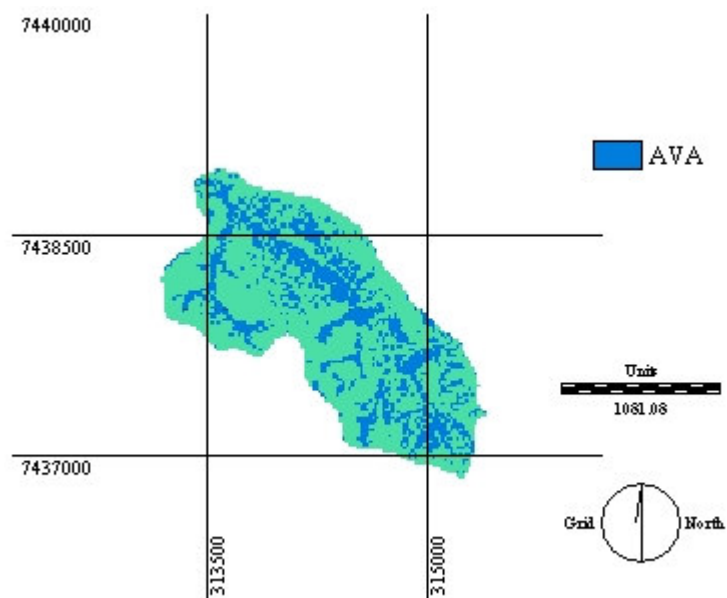


Figura 5: Área variável de afluência da sub bacia Caxambuzinho.

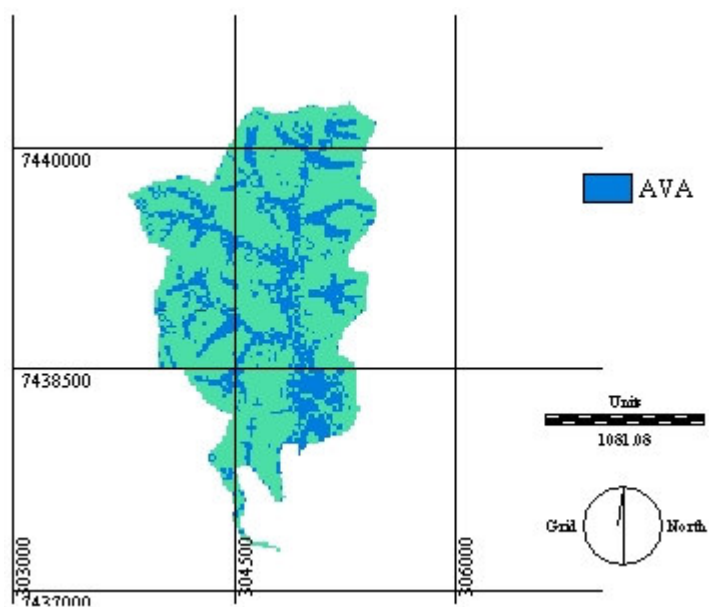


Figura 6: Área variável de afluência da sub bacia Parque Centenário.

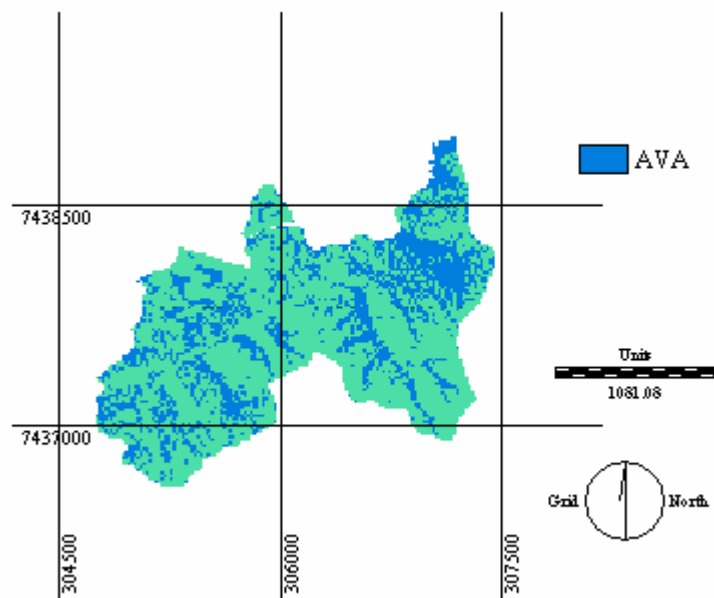


Figura 7: Área variável de afluência da sub bacia Horto.

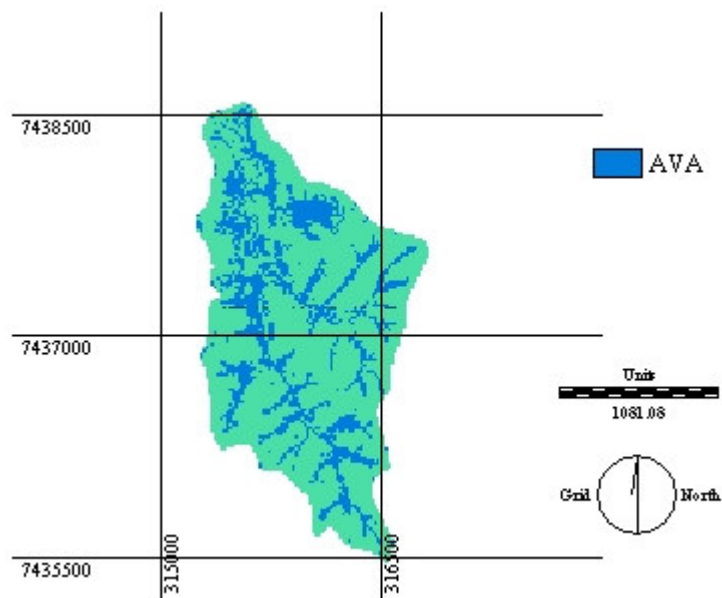


Figura 8: Área variável de afluência da sub bacia Córrego Albino.

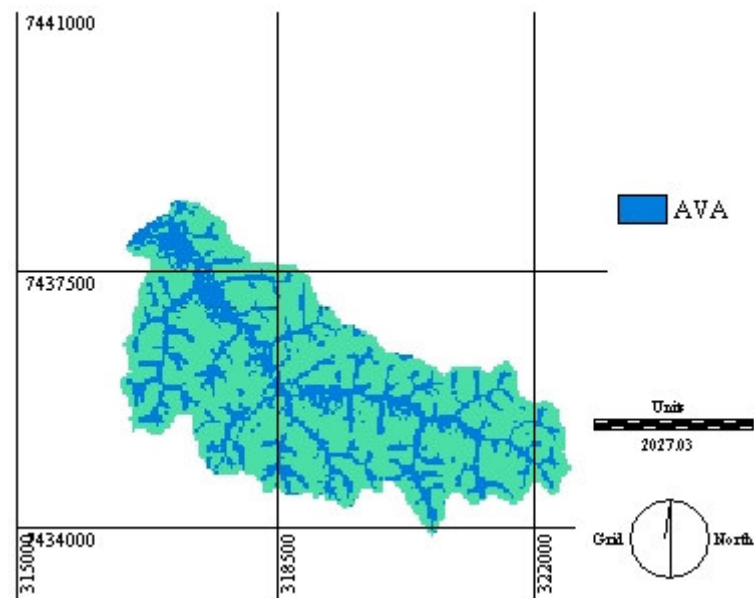


Figura 9: Área variável de afluência da sub bacia Córrego do Perdão.

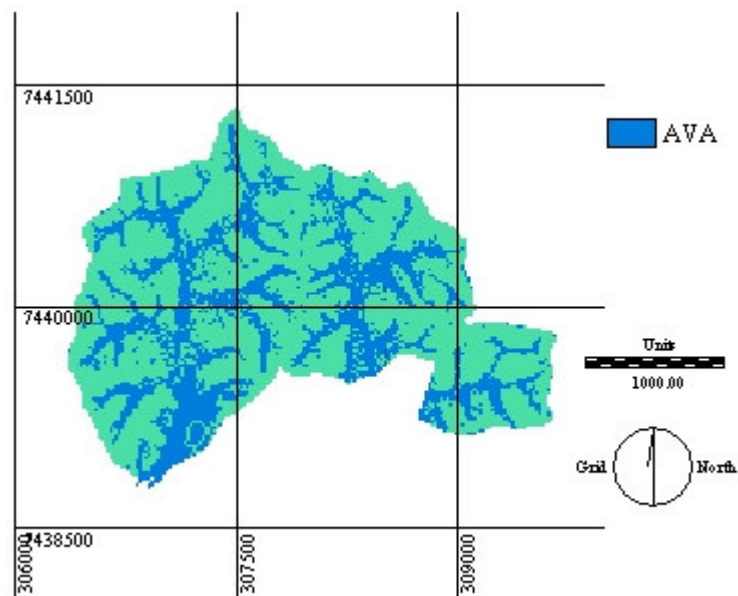


Figura 10: Área variável de afluência da sub bacia Pinheirinho.

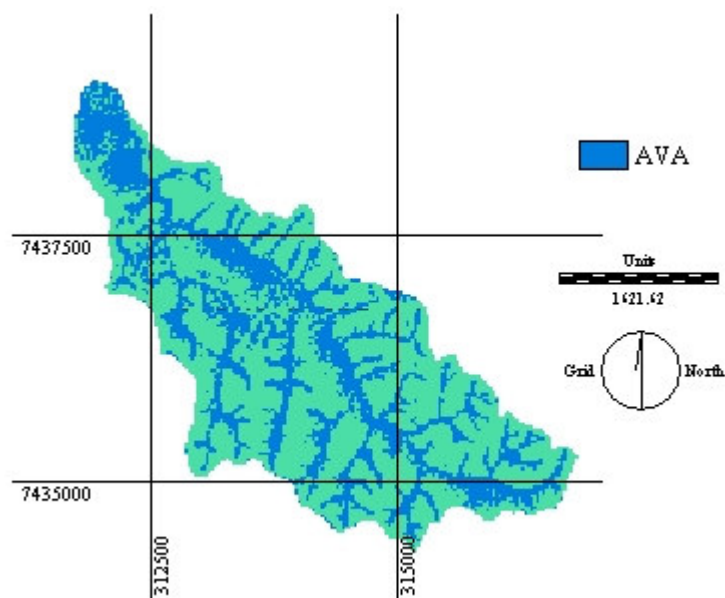


Figura 11: Área variável de afluência da sub bacia Córrego Ponte Alta.

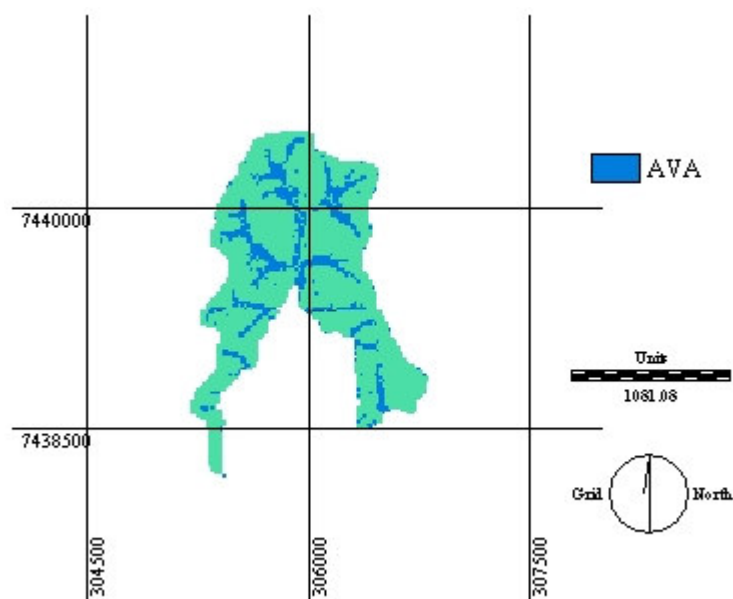


Figura 12: Área variável de afluência da sub bacia Represa Nova.

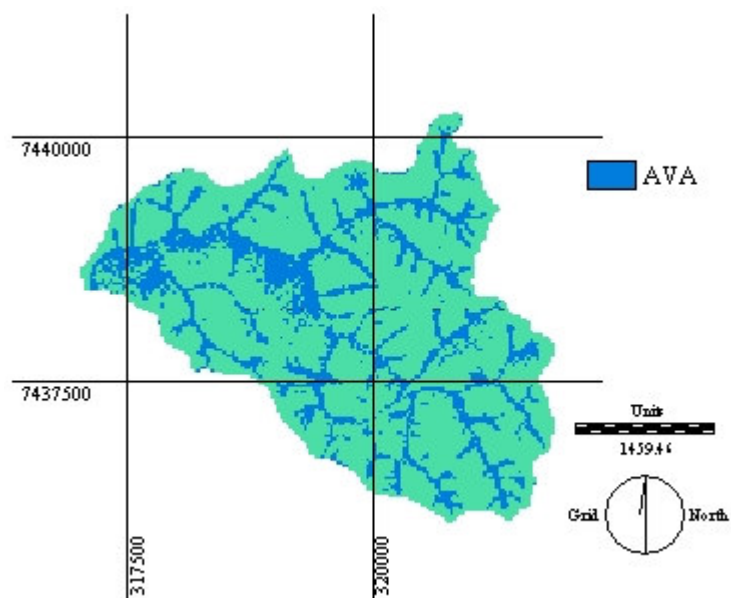


Figura 13: Área variável de afluência da sub bacia Ribeirão Soares.

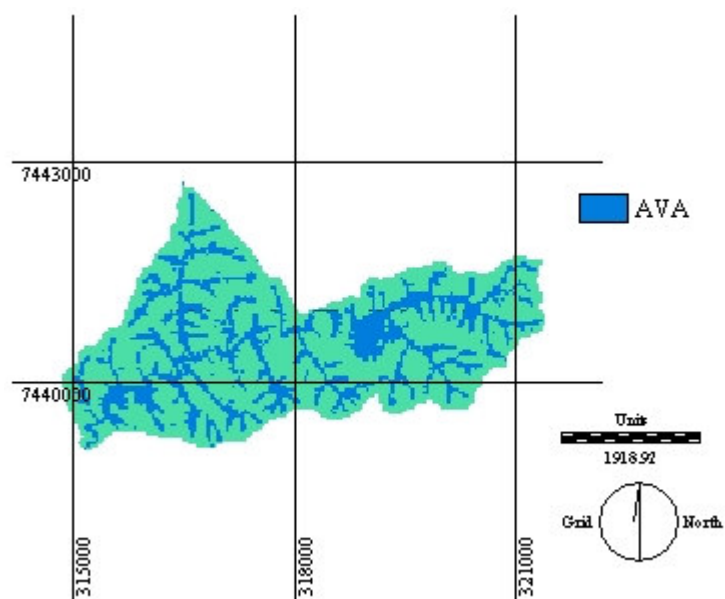


Figura 14: Área variável de afluência da sub bacia Ribeirão do Tanque.

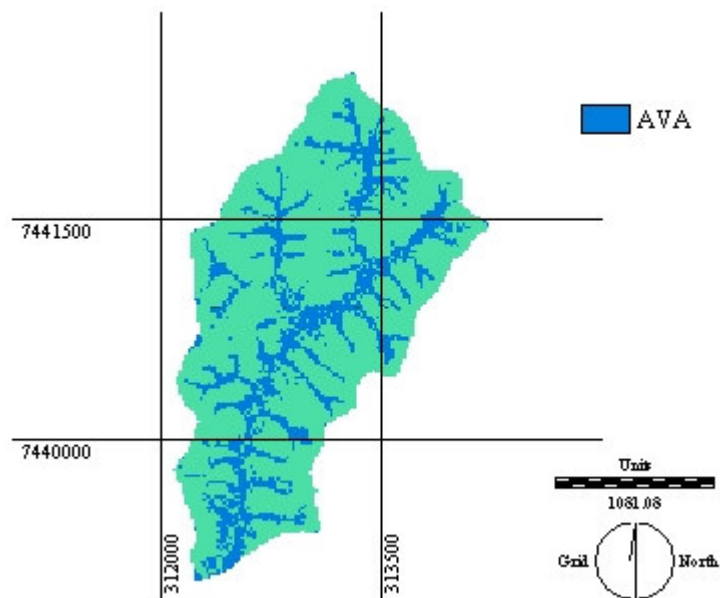


Figura 15: Área variável de afluência da sub bacia Ribeirão da Toca.

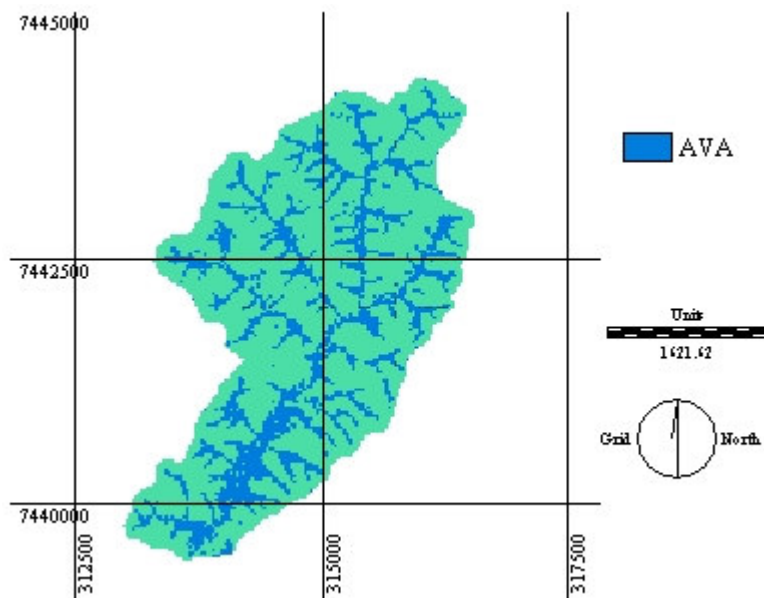


Figura 16: Área variável de afluência da sub bacia Córrego da Roseira.

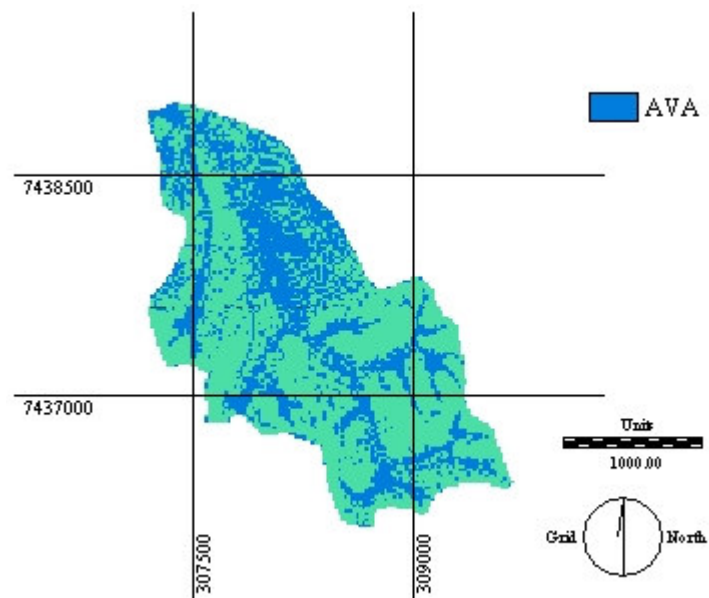


Figura 17: Área variável de afluência da sub bacia Tarumã.

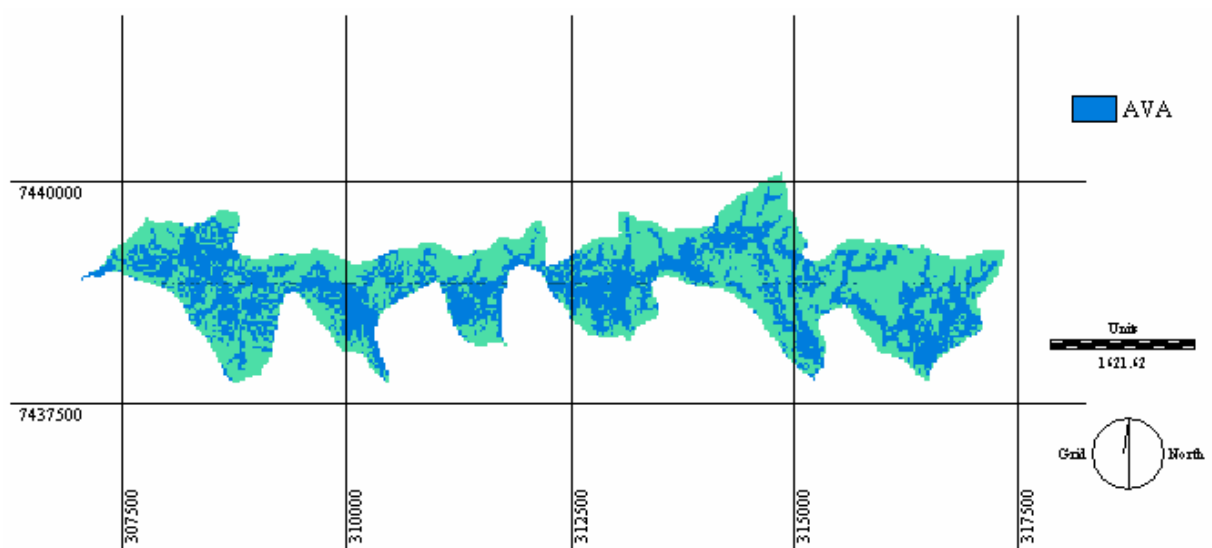


Figura 18: Área variável de afluência da sub bacia Calha.