

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Modelagem da geração de sedimentos, por meio da MEUPS, na microbacia do
Ribeirão dos Marins, em Piracicaba, SP**

Marcelo Peske Hartwig

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Irrigação e Drenagem**

**Piracicaba
2009**

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

Marcelo Peske Hartwig
Engenheiro Agrícola

**Modelagem da geração de sedimentos, por meio da MEUPS, na microbacia do Ribeirão dos
Marins, em Piracicaba, SP**

Orientador:
Prof. Dr. **CARLOS ALBERTO VETTORAZZI**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Piracicaba
2009

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Hartwig, Marcelo Peske

Modelagem da geração de sedimentos, por meio da MEUPS, na microbacia do
Ribeirão dos Marins, em Piracicaba, SP / Marcelo Peske Hartwig. - - Piracicaba, 2009.
127 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Bacia hidrográfica 2. Erosão 3. Geoprocessamento 4. Sedimentologia - Modelagem
matemática 5. Sistema de Informação Geográfica I. Título

CDD 551.483
H337m

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

Ao longo da jornada de execução de um trabalho, sempre nos encontramos com pessoas e instituições que nos auxiliam a cumprir cada uma das etapas que hora se findam. É com satisfação que digo: Muito obrigado!

A Deus, fonte de toda luz que brilha em nossos caminhos.

À minha família, por toda força, afeto e carinho.

Ao Professor Dr. Carlos Alberto Vettorazzi, meu orientador, pelo apoio, coragem e confiança durante todo o trabalho e pela enorme amizade.

Ao professor Dr. Rubens Angulo Filho, pela amizade, ajuda e conselhos, em todos os momentos.

Aos professores Dr. Peterson Fiorio e a Dra. Roberta Valente, pela grande colaboração e auxílio no trabalho.

À Fernanda Regina Voltarelli, minha noiva, pelo apoio, compreensão e paciência em todos os momentos deste trabalho.

Ao Professor Dr. Rodrigo Rizzi, da UFPel (Universidade Federal de Pelotas, RS), pela colaboração e grande ajuda na execução deste trabalho.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo financiamento na fase inicial dos estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, por possibilitar a ampliação de meus conhecimentos e permitir a execução de meu trabalho.

Aos meus amigos Priscylla Ferraz e Rodrigo, pela ajuda, apoio e pela grande amizade.

Às funcionárias Vanda, Davilmar e Lúcia, pela disponibilidade e atenção.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

In memoriam

Meus pais

Nelda Peske Hartwig

Willibaldo Hartwig

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	19
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1 Fragilidade ambiental	25
2.2 Erosão	27
2.3 Bacia e microbacia hidrográfica.....	28
2.4 Geoprocessamento e SIG	30
2.5 Modelagem matemática.....	32
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Material.....	35
3.1.1 Caracterização da área de estudo.....	35
3.1.1.1 Localização.....	35
3.1.1.2 Clima	35
3.1.1.3 Precipitação	37
3.1.1.4 Solos	38
3.1.1.5 Uso e cobertura do solo	39
3.1.1.6 Relevo.....	40
3.1.1.7 Malha fundiária	41
3.1.1.8 Rede hidrográfica da microbacia.....	42
3.1.1.9 Imagem de satélite e cartas topográficas	42
3.2 Métodos	43
3.2.1 Caracterização fisiográfica da microbacia.....	43
3.2.2 Georreferenciamento	44
3.2.3 Geração dos planos de informação (PIs).....	45

3.2.4 Identificação das APPs.....	46
3.2.5 Locação da RL em cada propriedade rural	46
3.3 Modelagem matemática	47
3.3.1 Aplicação do modelo MEUPS	48
3.4 Determinação do aporte de sedimentos	52
3.5. Potencial de erosão (PE) e potencial antrópico de erosão (CP) para a MEUPS.....	53
3.6 Risco de Erosão (RE).....	55
3.7 Geração de cenários de simulação	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.1 Malha fundiária da microbacia do Ribeirão dos Marins.....	59
4.2 Características fisiográficas da microbacia.....	60
4.3 Mapa de declividades.....	61
4.4 Classificação atual de uso e cobertura do solo.....	62
4.5 Cenários simulados	63
4.5.1 Uso atual do solo.....	63
4.5.2 Simulação 1.....	64
4.5.3 Simulação 2.....	64
4.5.4 Simulação 3.....	65
4.5.5 Simulação 4.....	66
4.6 Condições de uso e cobertura do solo	66
4.7 Aporte de sedimentos.....	68
4.8 Regiões de aporte de sedimentos na condição atual	72
4.9 Regiões de aporte de sedimentos na simulação 1	73
4.10 Regiões de aporte de sedimentos na simulação 2	74
4.11 Regiões de aporte de sedimentos na simulação 3	75
4.12 Regiões de aporte de sedimentos na simulação 4	76
4.13 Aporte de sedimentos por propriedade agrícola	77
4.14 Vazão de pico por propriedade agrícola	78
4.15 Volume acumulado por propriedade agrícola.....	79
4.16 Potencial de erosão (PE) e potencial antrópico de erosão (CP).....	79
4.17 Risco de Erosão.....	80

5 CONCLUSÕES.....	87
REFERÊNCIAS	89
ANEXOS.....	95

RESUMO

Modelagem da geração de sedimentos, por meio da MEUPS, na microbacia do Ribeirão dos Marins, em Piracicaba, SP

A degradação do ambiente natural, principalmente do solo e da água, tem causado alterações na paisagem devido ao uso e ocupação do solo desordenados, principalmente pela retirada da vegetação nativa para a entrada de culturas mais rentáveis. Devido à necessidade de se conservar os recursos naturais verifica-se que o planejamento do uso e ocupação solo em uma determinada região é uma tarefa importante e indispensável. A implantação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e a Reserva Legal (RL) são as principais ferramentas de proteção ambiental, principalmente contra a erosão do solo. O objetivo geral deste trabalho foi a aplicação do modelo MEUPS associado a técnicas de geoprocessamento para caracterizar o aporte de sedimentos em uma microbacia hidrográfica mediante implementação de APP e RL. O trabalho foi realizado na microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins, na região de Piracicaba, SP. Em busca do melhor resultado foram simulados cenários de implementação de APP e RL em diferentes pontos e condições para a obtenção do aporte de sedimentos para a microbacia e também para cada propriedade rural pertencente à microbacia. Pode ser observado que tanto a APP quanto a RL apresentaram resultados positivos para contenção da perda de solo, tendo a RL apresentado os melhores resultados. Verificou-se também que a vazão de pico e o volume acumulado na superfície após um evento de precipitação têm influência no aporte de sedimentos, principalmente em locais de declividade mais acentuada. Verificou-se que a implantação de mata (APP e RL) diminuiu os valores de vazão de pico e de volume acumulado. Com isso concluiu-se que a implantação de APP e RL, principalmente a RL, tem forte contribuição contra a perda de solo, diminuição da vazão de pico e volume acumulado.

Palavras-chave: Microbacia hidrográfica; MUSLE; Erosão; Geoprocessamento

ABSTRACT

Sediment yield modeling, through the MUSLE, in the Ribeirão dos Marins watershed, Piracicaba, SP

Environmental degradation due to unplanned land use and occupation, has caused several changes in the landscape. Given the need to preserve natural resources, the right planning for land use and occupation is an important and indispensable task. Permanent Preservation Areas (PPA) and Legal Reserve (LR) are the main tools for environment protection, particularly against soil erosion. The main goal of this research was to apply the MUSLE model associate to geoprocessing techniques to evaluate the sediment contribution in a watershed by the implementation of PPA and LR. The work employed data from the Ribeirão dos Marins watershed, located in the Piracicaba municipality, state of São Paulo. In order to attain the better outcomes, several scenarios for PPA and LR implementation were simulated, trying different locations and area coverage and evaluating sediment contribution, both for the watershed and for each private property that surrounds it. It was found that PPA and LR implementation presented positive effects regarding soil losses with LR giving the best result. Also, it was possible to determinate that peak flow values and total aggregate volume on the surface after a precipitation event impact the sediment amount, with a stronger relation in places where a higher slope is observed. Moreover, PPA and LR implementation were found to decrease peak flow value and aggregate volume. It was thus established that PPA and LR, especially LR, give a strong contribution against soil losses and minimize peak flow value and aggregate surface volume.

Keywords: Watershed; MUSLE; Erosion; Geoprocessing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da microbacia do Ribeirão dos Marins. (Fonte: SARTORI, 2004)	36
Figura 2 – Mapa de solo da microbacia do Ribeirão dos Marins	39
Figura 3 – Conformação do relevo na microbacia do Ribeirão dos Marins.....	40
Figura 4 - Limite da microbacia do Ribeirão dos Marins e locação da malha fundiária.....	41
Figura 5 - Distribuição da rede hidrográfica da microbacia do Ribeirão dos Marins	42
Figura 6 – Tratamento das cartas topográficas e imagens de satélite para classificação de uso e cobertura do solo	45
Figura 7 – Procedimento de conversão de mapas em coeficientes.....	48
Figura 8 - Fluxograma de aplicação da MEUPS	53
Figura 9 - Mapa de declividades da microbacia do Ribeirão dos Marins	61
Figura 10 - Mapa de classificação do uso e cobertura do solo atual da microbacia do Ribeirão dos Marins.....	62
Figura 11 - Uso e cobertura do solo na simulação 1, para a microbacia do Ribeirão dos Marins	64
Figura 12 - Uso e cobertura do solo, na simulação 2, para a microbacia do Ribeirão dos Marins	65
Figura 13 - Uso e cobertura do solo, na simulação 3, para a microbacia do Ribeirão dos Marins	65
Figura 14 - Uso e cobertura do solo, na simulação 4, para a microbacia do Ribeirão dos Marins	66
Figura 15 - Uso e cobertura do solo das classes estudadas nas diferentes simulações.....	67
Figura 16 - Aporte de sedimentos para as diferentes simulações estudadas	70
Figura 17 - Vazão de pico na microbacia para as diferentes situações de cobertura do solo.....	70

Figura 18 - Volume acumulado no solo para as diferentes condições de uso e cobertura do solo	71
Figura 19 - Distribuição do aporte de sedimentos, por pixel, nas condições atuais de uso e cobertura do solo	73
Figura 20 - Distribuição do aporte de sedimentos, por pixel, para as condições de uso e cobertura do solo na simulação 1	74
Figura 21 - Distribuição do aporte de sedimentos, por pixel, para as condições de uso e cobertura do solo na simulação 2	75
Figura 22 - Distribuição do aporte de sedimentos, por pixel, para as condições de uso e cobertura do solo na simulação 3	76
Figura 23 - Distribuição do aporte de sedimentos, por pixel, para as condições de uso e cobertura do solo na simulação 4	77
Figura 24 - Relação CP/PE na condição atual de uso e cobertura do solo	82
Figura 25 - Relação CP/PE na simulação 1	82
Figura 26 - Relação CP/PE na simulação 2	83
Figura 27 - Relação CP/PE na simulação 3	83
Figura 28 - Relação CP/PE na simulação 4	83
Figura 29 - Distribuição da relação CP/PE para a condição atual	84
Figura 30 - Distribuição da relação CP/PE para a simulação 1	84
Figura 31 - Distribuição da relação CP/PE para a simulação 2	84
Figura 32 - Distribuição da relação CP/PE para a simulação 3	84
Figura 33 - Distribuição da relação CP/PE para a simulação 4	84
Figura 34 – Comparação do aporte de sedimentos (Mg), volume acumulado (m^3) e vazão de pico ($m^3 \cdot s^{-1}$)	86

Figura 35 – Comparação do PE, CP e RE para verificação da influência da APP e RL na microbacia.	86
Figura 36 - Influência antrópica na erosão do solo (CP) na condição atual de uso e cobertura do solo	118
Figura 37 - Potencial natural de erosão do solo (PE) no uso atual de cobertura do solo	118
Figura 38 - Influência antrópica na erosão do solo (CP) na simulação 1	118
Figura 39 - Potencial natural de erosão do solo (PE) na simulação 1	118
Figura 40 - Influência antrópica na erosão do solo (CP) na simulação 2	119
Figura 41 - Potencial natural de erosão do solo (PE) na simulação 2	119
Figura 42 - Influência antrópica na erosão do solo (CP) na simulação 3	119
Figura 43 - Potencial natural de erosão do solo (PE) na simulação 3	119
Figura 44 - Influência antrópica na erosão do solo (CP) na simulação 4	120
Figura 45 - Potencial natural de erosão do solo (PE) na simulação 4	120
Figura 46 – Análise de regressão para o aporte de sedimentos e percentagens de mata	126
Figura 47 – Análise de regressão para o volume acumulado e percentagens de mata	126
Figura 48 – Análise de regressão para vazão de pico e percentagens de mata	126
Figura 49 – Análise de regressão para o aporte de sedimentos em cada cenário, 1) condição atual; 2) simulação 1; 3) simulação 2; 4) simulação 3; 5) simulação 4	127
Figura 50 – Análise de regressão para o volume acumulado em cada cenário, 1) condição atual; 2) simulação 1; 3) simulação 2; 4) simulação 3; 5) simulação 4	127

Figura 51 – Análise de regressão para vazão de pico em cada cenário, 1) condição atual; 2) simulação 1; 3) simulação 2; 4) simulação 3; 5) simulação 4 127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de CN para os diferentes solos e coberturas	50
Tabela 2 - Fatores de uso – manejo(C) e práticas conservacionistas (P) para as culturas encontradas na microbacia do Ribeirão dos Marins.....	52
Tabela 3 - Coeficientes de erodibilidade do solo (K) da microbacia do Ribeirão dos Marins.....	52
Tabela 4 - Valores das áreas em hectares de cada propriedade na microbacia	59
Tabela 5 - Características fisiográficas da microbacia do Ribeirão dos Marins	60
Tabela 6 - Classes de uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão dos Marins.....	63
Tabela 7 - Determinação das áreas ocupadas por cada uma das classes de uso e cobertura do solo em cada cenário	67
Tabela 8 - Percentagens de áreas de APP e RL na microbacia do Ribeirão dos Marins nas diferentes condições de cálculo de aporte de sedimentos.....	68
Tabela 9 - Resultados de aporte de sedimentos e volumes de escoamento superficial e volume acumulado.....	69
Tabela 10 - Quantificação do aporte de sedimentos produzido em cada propriedade rural quanto ao uso e cobertura do solo em cada cenário	97
Tabela 11 - Variação nas relações CP/PE e PE-CP.....	100
Tabela 12 - Vazão de pico proporcionada por cada propriedade agrícola	(continua).. 103
Tabela 13 - Lâmina de água acumulada na superfície do solo em cada propriedade (continua)	106
Tabela 14 - Percentagem ocupada por mata em cada propriedade rural	(continua). 109
Tabela 15 - Percentagem ocupada por cana de açúcar em cada propriedade rural	(continua) 112
Tabela 16 - Percentagem ocupada por pastagem em cada propriedade rural	(continua) 115

Tabela 17 - Uso e cobertura do solo Atual (CP/PE)	121
Tabela 18 - Uso e cobertura do solo na simulação 1 (CP/PE)	121
Tabela 19 - Uso e cobertura do solo na simulação 2 (CP/PE)	121
Tabela 20 - Uso e cobertura do solo na simulação 3 (CP/PE)	121
Tabela 21 - Uso e cobertura do solo na simulação 4 (CP/PE)	121
Tabela 22 - Aporte de sedimentos por propriedade rural em relação a sua área (continua)	123

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem-se observado, no mundo, uma degradação acelerada do ambiente natural. Essa degradação é derivada da utilização não sustentável dos recursos naturais, ou seja, além da capacidade de renovação, agravado pela poluição. Esse fato é resultante da adoção de modelos de desenvolvimento em que não foi dada a devida importância ao ambiente, levando-o muitas vezes, a condições de escassez e até mesmo ao esgotamento total. Esta situação é provocada pelo consumo excessivo, sendo uma das causas o rápido crescimento populacional e agrícola. Apesar da crescente conscientização, em todos os níveis da sociedade, infelizmente verifica-se o agravamento dos problemas ambientais (CORREIA, 2003).

Bertoni e Lombardi Neto (1990) também salientam os problemas da degradação acelerada no ambiente agrícola descrevendo as principais consequências tais como assoreamento dos cursos e corpos d'água, com prejuízos para a saúde humana e animal, na destruição de estradas, pontes e bueiros, na geração de energia, na disponibilidade de água para irrigação e abastecimento, na redução da produtividade agrícola, na diminuição da renda líquida e, conseqüentemente, no empobrecimento da sociedade local, com reflexos danosos para a economia.

A erosão acelerada do solo constitui um problema global de degradação de terras agrícolas (WEILL, 2008). Entre os diferentes tipos de erosão há a erosão hídrica, sendo esta uma das principais preocupações relacionadas ao manejo de solos tropicais, tendo o escoamento superficial como responsável pelo transporte e deposição de sedimentos (SILVA, 2008).

Diretamente associada à erosão hídrica está o escoamento superficial direto ou deflúvio, sendo esta fase do ciclo hidrológico de maior atenção quando se trabalha com erosão. Apesar de o impacto das gotas de chuva desempenhar papel importante na desagregação das partículas do solo, é o escoamento superficial que promove o transporte das partículas. Dependendo da carga de sedimentos, volume e velocidade no escoamento, poderá haver deposição no leito dos corpos d'água. Muitas práticas de controle da erosão são, na verdade, práticas de controle da velocidade do volume de escoamento superficial (PRUSKI et al., 2001).

Com o intuito de conservar e proteger o ambiente natural, o Código Florestal criou a Área de Preservação Permanente (APP), considerando esta uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas. Tais áreas não podem ser alteradas por seus

proprietários (Lei nº 4.771/1965). Visto que somente a APP não seria suficiente para a preservação ambiental, foi criada também a Reserva Legal, sendo esta a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas. Conforme o Código Florestal Brasileiro, qualquer propriedade rural no Brasil, maior que 50 hectares, deve conter uma Reserva Legal. No caso do Estado de São Paulo a lei determina que esta Reserva Legal corresponda a 20% da área total da propriedade. Tecnicamente, a área a ser destinada à reserva deve atender a critérios ecológicos de preservação ambiental (Lei nº 4.771, de 15/09/1965).

Segundo Weill (2008), pesquisas de erosão são em geral caras e morosas e a utilização de modelos permite estimar a perda de solo em localidades e condições não diretamente representadas nos estudos.

O modelo MEUPS (Modificação da Equação Universal de Perda de Solo) é uma ferramenta para análise de degradação ambiental, principalmente na determinação da perda de solo, que prevê o aporte de sedimentos, em pequenas e médias bacias hidrográficas, em determinado exutório (talvegue, córrego ou reservatório) da bacia. A MEUPS é um modelo de estimativa de erosão, em função do sistema de manejo e cultivo, tipo de solo, período específico de erosividade em períodos específicos, tipo de vertente e práticas conservacionistas adotadas.

Em virtude da necessidade premente de conservar e manejar os recursos naturais do planeta pode-se afirmar que planejar o uso do território é uma imposição do desenvolvimento. Porém, é fato inegável que não têm sido dada a devida importância à fragilidades do meio físico. Para efetuar um planejamento adequado é necessário conhecer e mensurar o que existe: onde, quanto e como. Quantificar, portanto, o que existe e ainda, definir sua localização espacial e a sua forma, são condições básicas para qualquer política conservacionista que se queira implantar.

As técnicas de geoprocessamento, utilizando Sistemas de Tratamento de Imagens e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) associados a modelos matemáticos, têm contribuído para a análise integrada do meio ambiente.

Neste contexto, a hipótese deste trabalho é que os processos de uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica podem ser prejudiciais a esta, resultando em grandes volumes de perda de solo, se não houver um planejamento ambiental.

O objetivo geral deste trabalho foi a aplicação do modelo MEUPS, associado a técnicas de geoprocessamento para caracterizar o aporte de sedimentos em uma microbacia hidrográfica, em função da implantação de cobertura florestal em Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs).

Os objetivos específicos são:

- a) Aplicação do modelo MEUPS para a determinação do aporte de sedimentos em diferentes condições de uso e cobertura do solo em uma microbacia hidrográfica;
- b) Comparar as diferentes respostas de aporte de sedimentos através de simulações, levando-se em consideração a implantação de APPs e RLs na microbacia;
- c) Quantificar o escoamento superficial e o volume de escoamento mediante a implantação de APP e RL na microbacia.
- d) Mapear os locais de Risco de Erosão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fragilidade ambiental

A natureza exerce papel fundamental na existência da humanidade, visto que o suprimento das necessidades básicas do homem provém dos recursos naturais, tanto no aspecto fisiológico, como o consumo de ar, água e alimentos, como nos mecanismos de proteção, que incluem vestimenta, habitação e medicamentos (FUJIHARA, 2002).

O crescimento desordenado dos municípios e regiões agrícolas vem provocando profundas modificações no ambiente, enfraquecendo continuamente os sistemas naturais que asseguram a vida na Terra (OLIVEIRA et al., 2007).

Desde a Revolução Industrial vive-se um modelo socioeconômico no qual a natureza deve ser transformada para dar lugar às obras humanas e gerar lucro direto e imediato. Neste sistema de valores não se cogita a importância da natureza como componente fundamental para a vida e nem mesmo o aproveitamento de seus serviços e benefícios para a satisfação das necessidades humanas, fisiológicas e psicológicas (FAVERO; NUCCI; BIASI, 2004).

Historicamente, o processo de colonização e consolidação do território brasileiro tem-se pautado na exploração predatória de seus recursos naturais, principalmente os superficiais afetando negativamente sua qualidade e a disponibilidade. Vastas extensões de matas exuberantes foram simplesmente suprimidas, ao longo dos séculos, para dar espaço à agricultura, pecuária e mineração. O declínio da produtividade agrícola, aliado a uma visão míope da abundância dos recursos naturais, força, continuamente, a conversão de cada vez mais terras para a agricultura, deixando um rastro de áreas degradadas. Fica a cargo tão-somente da natureza a tarefa de recuperar-se da agressão sofrida. Embora haja consenso, em nível mundial, de que não se pode permitir a destruição do que ainda resta das florestas, o ritmo atual de desmatamento aponta na direção oposta (RIBEIRO et al., 2005).

Objetivando disciplinar e limitar as interferências antrópicas sobre o meio ambiente, o artigo 2º do Código Florestal Brasileiro – a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 – contempla a criação das Áreas de Preservação Permanente (APP). Nessas áreas não se pode promover a retirada da cobertura vegetal original, permitindo, assim, que ela possa exercer, em plenitude, suas funções ambientais (SOARES et al., 2002). Mais recentemente, tendo em vista os

compromissos assumidos pelo Brasil perante a Declaração do Rio de Janeiro de 1992 e a necessidade de se regulamentar aquele artigo, entra em vigor, no dia 13 de maio de 2002, a Resolução nº 303, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Essa resolução estabelece parâmetros, definições e limites referentes às APPs e adota, ainda que implicitamente, a bacia hidrográfica como unidade de sua aplicação (RIBEIRO et al., 2005).

A Lei Federal nº 7.803 de 18 de julho de 1989, por sua vez, alterou o art. 16 do Código Florestal e trouxe a denominação de Reserva Legal, mantendo a obrigação de se reservar no mínimo 20% (vinte por cento) de cada propriedade, onde não é permitido o corte raso e que deve ser averbada à margem da inscrição da matrícula do imóvel, sendo vedada expressamente a alteração de sua destinação. O descumprimento deste comando legal passou a constituir-se em passivo ambiental para o proprietário de imóvel rural (RIBEIRO et al., 2005). No caso do Estado de São Paulo a lei determina que esta Reserva Legal corresponda a 20% da área total da propriedade. Tecnicamente, a área a ser destinada à reserva deve atender a critérios ecológicos de preservação ambiental (Lei nº 4.771, de 15/09/1965).

Segundo Oliveira et al. (2007), dentre os principais fatores relacionados ao aumento de degradação ambiental estão as frequentes alterações não-planejadas no uso da terra, acima da capacidade de suporte do solo. Tais alterações são também os principais responsáveis pelo aumento dos processos erosivos verificados nas áreas agrícolas e urbanas.

Para Pinto e Lombardo (2003), a intensificação do uso da terra, especialmente em termos de atividades agrícolas, em geral provoca a eliminação da cobertura vegetal natural e promove o desencadeamento de processos de erosão acelerada dos solos. Este cenário vem ocorrendo em larga escala no Brasil e em particular na região Sudeste, onde a erosão hídrica de superfície, promovida pelas chuvas (escoamento superficial – runoff), remove as camadas superficiais dos solos, resultando na diminuição da produtividade agrícola das terras.

Fraga e Salcedo (2004) concluíram também que a exploração intensiva de áreas com agricultura ou pecuária familiar de subsistência, normalmente está associada à degradação do ambiente e, conforme Santos (2004) e Fraga e Salcedo (2004) esta degradação é representada pela perda de biodiversidade, pela queda na fertilidade do solo e pela intensificação dos processos erosivos em relação às condições encontradas sob vegetação original.

2.2 Erosão

A principal causa da degradação das terras agrícolas é a erosão do solo. A erosão é um conjunto de processos, segundo os quais o material terroso ou rochoso é desgastado, desagregado e removido de algum lugar da superfície da Terra, conseqüentemente alterando-a lenta e continuamente. A erosão inclui o intemperismo, o transporte e deposição de sedimentos. Os processos de erosão são diversos, por exemplo: erosão geológica, erosão hídrica, erosão eólica etc. Porém, segundo a forma de ação, dividem-se em: erosão natural, quando ocorre sob condições naturais, e erosão acelerada, quando ocorre sob condições de interferência humana.

Para melhor controle, principalmente da erosão hídrica, uma das mais importantes formas de erosão (ZACHAR, 1982), deve ser estabelecido um plano de uso, manejo e conservação nas bacias hidrográficas, em que os diversos fatores que estão presentes no processo de erosão sejam considerados, principalmente aqueles ligados ao transporte de sedimentos.

O uso contínuo da camada arável do solo, submetida à mecanização pesada e intensa, aliada às práticas de cultivo que desconsideram a importância de sua cobertura, matéria orgânica e conservação da biodiversidade, entre outros fatores, tem reforçado o aparecimento de problemas associados à compactação, desertificação e aumento da erosão do solo (CRESTANA, 2000).

A quantidade de sedimentos transportados até os rios e pelos rios, além de informar sobre as características e ou estado da bacia hidrográfica, é de fundamental importância para o planejamento e aproveitamento dos recursos hídricos de uma região, seja para análise da variabilidade de utilização para abastecimento ou irrigação, manutenção das áreas de preservação, manejo do solo, planejamento de uma bacia hidrográfica, ou para o cálculo da vida útil de reservatórios.

Os fatores que podem afetar a porcentagem de sedimentos transportados desde a origem até um lugar específico são a natureza do solo, cobertura vegetal ou tipo de cultura em exploração, declividade do terreno, clima (intensidade, duração e frequência da chuva e temperatura), tipo de prática conservacionista, granulometria, textura e quantidade do material erodível.

Durante o percurso do sedimento podem ocorrer algumas situações como: dispersão dos sedimentos na superfície do solo, depósito de sedimentos nos pequenos orifícios que foram erodidos anteriormente em locais escarpados que margeiam os vales dos rios e se houver uma

aceleração da marcha, os sedimentos atingem a margem menor e maior do rio, podendo sobrevir a obstrução total do leito maior.

A determinação ou a quantificação de sedimentos transportados nas bacias hidrográficas é uma das formas de acompanhamento de sua evolução voltada ao monitoramento de sua degradação, para a adoção de técnicas que favoreçam a contenção dessa degradação, sem causar perturbações ao meio.

Sabe-se, em Ciência do Solo, que os sistemas de manejo provocam alterações físicas no solo, principalmente na sua estrutura e, conseqüentemente, no armazenamento de água, infiltração e condutividade hidráulica, além de mudanças químicas e biológicas. A importância de se conhecer a influência desses sistemas de manejo nos processos hidrológicos se dá devido a mudanças causada no ambiente, pela alteração da condição natural de equilíbrio na implantação de um sistema produtivo.

2.3 Bacia e microbacia hidrográfica

Para delimitar a área a ser gerenciada, os pesquisadores ambientais têm considerado a bacia hidrográfica como unidade de estudo, já que os recursos naturais são afetados diretamente pelas atividades nela desenvolvidas. A preservação e restauração dos ecossistemas, no entanto, implicam no desenvolvimento de técnicas e metodologias adequadas, que possibilitem um melhor conhecimento do ecossistema, suas funções, características, complexidades e balanço energético.

A cobertura vegetal das bacias hidrográficas sofre várias modificações, quer sejam naturais ou artificiais, e estas modificações produzem os mais variados impactos no meio ambiente. O escoamento superficial é um dos primeiros fatores a serem alterados quando a cobertura vegetal da bacia é modificada e, conseqüentemente, a produção de sedimentos (SANTOS et al., 2000).

O estudo das características físicas de uma bacia hidrográfica pode fornecer dados importantes para a prevenção e avaliação de riscos ambientais em determinadas porções do território. Certos índices morfométricos, que caracterizam o formato da bacia, a densidade e comprimento dos canais fluviais, entre outros, possibilitam determinar o tempo e o volume de

escoamento da água, utilizados na prevenção de enchentes e de acidentes que envolvam a qualidade da água.

Como salienta Christofolletti (1979), as bacias hidrográficas começaram a ser focalizadas como unidades geomorfológicas fundamentais, tendo em vista o funcionamento integrado de seus elementos. O mesmo autor destaca a abordagem holística sistêmica, considerando-a, a mais adequada para tratar dos sistemas fluviais, assinalando que os rios devem ser analisados como sistemas tridimensionais, dependendo de transferências de energia, material e biota nas direções longitudinal, lateral e vertical. Assim, tornam-se importantes os fluxos de montante para jusante, as interações laterais com as margens e setores da bacia e os intercâmbios verticais com as águas subterrâneas e os aquíferos aluviais.

A unidade de planejamento ambiental mais utilizada atualmente é a bacia hidrográfica, por constituir um sistema ambiental passível de delimitação. Uma vez determinada a área de abrangência da análise a ser realizada, devemos nos concentrar na elaboração dos planos de informação.

Devido as bacias hidrográficas, na maior parte das vezes, apresentarem grandes áreas, surge sua subdivisão em microbacia hidrográfica que pode ser considerada, do ponto de vista hidrológico, como a menor unidade da paisagem capaz de integrar todos os componentes relacionados com o meio ambiente, como: atmosfera, vegetação natural, plantas cultivadas, solos, rochas subjacentes, corpos d'água e paisagem circundante. Ambientalmente, pode-se dizer que a microbacia hidrográfica é a unidade ecossistêmica e morfológica que melhor reflete os impactos das interferências antrópicas.

A microbacia hidrográfica deve ser considerada como unidade básica para um planejamento conservacionista, entretanto os trabalhos de manejo e conservação do solo vêm sendo, em grande parte, ainda hoje, realizados de maneira isolada, em nível de propriedade. O planejamento conservacionista, levando em conta as características da microbacia hidrográfica, visa a um controle integrado da erosão do solo em toda a área que converge para uma mesma seção de deságue (CALIJURI et al., 1998).

O manejo ambiental que melhor se adapta ao desenvolvimento agrícola sustentável é a abordagem que considera a microbacia hidrográfica como unidade fundamental, implicando em uma visão integrada ou ecossistêmica de manejo dos recursos naturais, a qual abrange interesses multidisciplinares. O estudo em microbacias hidrográficas possibilita a integração dos fatores que

condicionam a qualidade e a quantidade dos recursos naturais, com os seus reais condicionantes físicos e antrópicos, embora apresente uma grande complexidade em função das interações existentes, notadamente os fatores físicos (FERREIRA, 2004).

2.4 Geoprocessamento e SIG

Geoprocessamento é um conjunto de tecnologias que se aplicam desde a coleta de dados até o tratamento de informações para vários objetivos. Dentro dessa filosofia surgiram os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), que procuram absorver o máximo dessas tecnologias dentro de um único ambiente de trabalho. Dentro de um SIG podemos processar informações gráficas, tabulares e imagens. A integração de todos esses dados se dá em função de um sistema de coordenadas espaciais que é comum a todos. Hoje não se pensa em geoprocessamento sem, automaticamente, se pensar em um ambiente computacional para armazenamento e manipulação de dados.

Um dos maiores benefícios de se trabalhar com um SIG é a possibilidade de realizar análises espaciais para se obter informações através da utilização de modelos. Em termos gerais um modelo é uma representação da realidade. Devido à inerente complexidade do ambiente que nos cerca e às interações que nele acontecem, os modelos são criados como uma espécie de visão simplificada da realidade. Os modelos podem nos ajudar a entender, descrever e prever como diversos fatores funcionam no mundo real.

Como instrumento para o estudo em bacias hidrográficas, o geoprocessamento está presente na análise e no monitoramento do uso da terra. Um exemplo desta diferenciação é o de áreas florestais que, embora sejam de um só tipo sob o ponto de vista de cobertura, podem ter diferentes usos: lazer, exploração de madeira, reservas biológicas etc. Deste modo, um sistema de classificação de uso da terra não pode basear-se apenas em dados de Sensoriamento Remoto, que fornecem principalmente informações sobre a cobertura do solo, deve-se ter também a avaliação do tipo de cobertura, tipo de solo, declividade da bacia, dados meteorológicos entre outros para se ter uma resposta deste conjunto de informações sobre os recursos hídricos da uma região, podendo ser feita através do estudo dos componentes do ciclo hidrológico e de suas relações. Esta avaliação pode ser tanto qualitativa como quantitativa. Deste modo, podemos avaliar as taxas de

movimentação da água, a quantidade de água e a qualidade da água no interior de cada subsistema do ciclo hidrológico.

Os métodos convencionais de obtenção manual das características fisiográficas das bacias hidrográficas a partir de mapas topográficos são tediosos e intensivos em mão-de-obra, representando sempre um grande desafio, mesmo para técnicos experientes (GARBRECHT; MARTZ, 2000). Até o advento dos Sistemas de Informações Geográficas, qualquer tentativa de obter parâmetros mais complexos, como declividade, comprimento da rede hidrográfica, trajeto de escoamento superficial, área de contribuição etc., para grandes extensões, era dificultada, sobretudo, pelo volume de trabalho, limitando, assim, aplicações potenciais de análise de drenagem. Além disso, a ausência de padrões tornava virtualmente impossível o armazenamento e o compartilhamento desse tipo de informação analógica. Dentre as vantagens de se adotarem abordagens automatizadas para tais processos destacam-se a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados, que podem então ser organizados e facilmente acessados sob a forma de bases de dados digitais (SAUNDERS, 1999).

Os SIGs são uma tecnologia que tem sido desenvolvida para lidar com informações espaciais, em uma série de aplicações ambientais, sociais e econômicas, e são idealmente adequados para combinar informações topográficas, de solo, uso da terra e meteorológicas para pequenas áreas dentro da bacia hidrográfica, onde é possível visualizar cenários passados, atuais e simular cenários futuros (GRIGG, 1996).

A integração de modelos ambientais e SIG é um vasto campo para as ciências ligadas ao geoprocessamento, meio ambiente e agricultura. A sua integração com modelos hidrológicos e sua aplicação em bacias hidrográficas permite a realização de um grande número de operações, como o projeto, calibração, simulação e comparação entre os modelos. O uso do SIG permite, portanto, dividir a bacia hidrográfica em subáreas homogêneas (CALIJURI et al., 1998).

O desenvolvimento de interfaces entre SIG e modelos é uma área ativa de pesquisa, particularmente em questões de proteção da qualidade da água, planejamento do uso da terra e manejo dos recursos naturais (TIM; JOLLI, 1994).

As aplicações dos SIGs são incontáveis, podendo-se citar como exemplo o monitoramento e análise ambiental, planejamento do uso da terra, manejo dos recursos naturais, projetos de engenharia (transportes, irrigação, mineração etc.) e manejo florestal (VETTORAZZI, 1992).

A caracterização do meio físico de uma área de estudo constitui-se, para vários autores (DALE; McLAUGHLIN, 1988; ASSAD et al., 1993; NORMAN et al., 1994), numa importante informação para o planejamento racional de uso e conservação do solo e da água. Nesse contexto, permite a integração dos dados de forma mais precisa e rápida que os métodos tradicionais de análise. Além disso, pode aumentar muito a utilidade dos dados existentes e fornecer dados novos, melhorando projetos de planejamento (FLETCHER; PHIPPS, 1991).

Uma vez determinado o objetivo do trabalho faz-se necessário analisar quais os modelos, representativos e processuais, necessários para alcançá-lo. Devemos verificar posteriormente todas as possíveis inter-relações entre os modelos, para então realizarmos a análise propriamente dita.

2.5 Modelagem matemática

Os modelos representativos são aqueles que descrevem alguma característica ou evento do mundo real. Os modelos de processo tentam descrever a interação dos modelos representativos com o objetivo de se prever algum resultado.

Os modelos utilizados na determinação de erosão e transporte de sedimentos estão baseados na perda de solo durante os processos hídricos ocorrentes na superfície do solo em função dos fatores climáticos da região.

Um dos modelos mais utilizados é a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), que visa a quantificar o transporte e a deposição do solo por processo de erosão hídrica.

As perdas de solo descritas pela EUPS são aquelas deslocadas de uma vertente quando da ocorrência de uma chuva, saindo para o canal escoadouro, na maioria dos casos, constituindo-se no que é denominado erosão hídrica laminar e em sulcos (BERTONI; LOMBARDI NETO apud VALERIANO, 1999). Apesar de parte do sedimento deslocado eventualmente permanecer no campo, a equação admite esta porção como solo perdido. A simples remoção do solo, mesmo que este seja retido em depressões, terraços e planos à jusante da vertente é, portanto, computada como perda (VALERIANO, 1999).

A EUPS estima as perdas anuais médias de solo em longo prazo, numa determinada gleba, sob um determinado uso. Porém, numa microbacia existem áreas de carreamento e áreas de deposição, sendo o volume de solo perdido menor que o estimado pelo modelo. A equação

não identifica as áreas de deposição, as quais seriam responsáveis pela retenção de parte dos sedimentos (IPT apud FERNÁNDEZ, 1996). Ainda que apresente limitações, a EUPS continua sendo muito usada em todo o mundo, por ser considerada um bom instrumento para previsão de perdas de solo por erosão entre-sulcos (WEILL, 1999).

Um outro modelo é o AGNPS (Agricultural Non Point Source) que simula um único evento de precipitação em bacias da grandeza de 2000 Km². Os principais produtos do modelo são o transporte de sedimentos e a qualidade das águas, incluindo a demanda de nitrogênio, fósforo e oxigênio. O escoamento é simulado usando o procedimento do número de curvas de escoamento ligados ao serviço de conservação do solo, enquanto a produção de sedimentos é calculada utilizando-se versão modificada do modelo EUPS (CHRISTOFOLETTI, 1999). KINNEL (2000) desenvolveu um software que substitui a EUPS pela MEUPS em AGNPS v.5.0. Este software apresenta-se como um sistema de modelagem melhorada para prever a erosão e o impacto desta na qualidade de água em bacias hidrográficas.

O modelo LISEM (Limburg Soil Erosion Model) é um modelo de hidrologia e erosão dos solos, em bases físicas, para finalidades de planejamento e conservação. Este modelo encontra-se incorporado aos procedimentos raster dos (SIGs), o que facilita a aplicação na escala de bacias hidrográficas de maior grandeza, melhora a interface com o usuário e propicia a utilização de dados gerados pelo Sensoriamento Remoto (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) foi proposto para a escala de bacia hidrográfica, representando um exemplo da nova geração de modelagem de erosão dos solos (CHRISTOFOLETTI, 1999). Este modelo prediz a erosão hídrica em duas escalas diferentes: a versão plano, para análise do processo erosivo numa dada gleba com características específicas de comprimento e declividade, e a versão de microbacia, que prevê o aporte de sedimentos ao canal de drenagem de uma microbacia (LOPEZ et al. apud FERNÁNDEZ, 1996).

O modelo MEUPS (Modificação da Equação Universal de Perdas de Solo) é uma variação do modelo EUPS. A diferença está no termo erosividade, que prevê o aporte de sedimentos, oriundos de pequenas e médias bacias hidrográficas, em determinado exutório (talvegue, córrego ou reservatório) da bacia (WILLIAMS apud ARAÚJO, 1997).

O modelo MEUPS não necessita de relações empíricas adicionais de aporte de sedimentos como o EUPS, e tem a grande vantagem de ser aplicável a eventos isolados de precipitação, o que torna suas previsões mais precisas (WILLIAMS; BERNDT, 1977).

A MEUPS e suas variações usam somente variáveis de enxurrada para simular erosão e aporte de sedimentos, o que aumenta a exatidão nas estimativas (WILLIAMS, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Caracterização da área de estudo

3.1.1.1 Localização

A microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins está localizada entre as latitudes 22°41' e 22°51' Sul e longitudes 47°40' e 47°45' Oeste, à margem esquerda do rio Piracicaba, no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil, possuindo uma área aproximada de 59 Km². A área objeto deste estudo está localizada na porção superior da Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Marins, a montante do posto fluviométrico 4D-006, com área aproximada de 21,16 km² (SARTORI, 2004), denominada de Sub-Bacia “Monjolinho” (MORETTI, 2001).

A microbacia do ribeirão dos Marins é dividida em duas áreas pela estação hidrossedimentológica. O trabalho, como já mencionado, será desenvolvido na parte localizada à montante da estação (Figura 1), devido a pouca interferência urbana no local.

3.1.1.2 Clima

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo mesotérmico, Cwa, isto é, subtropical úmido com inverno seco (estiagem), sendo que as chuvas do mês mais seco não atingem 30mm, a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a média do mês mais frio é inferior a 18°C.

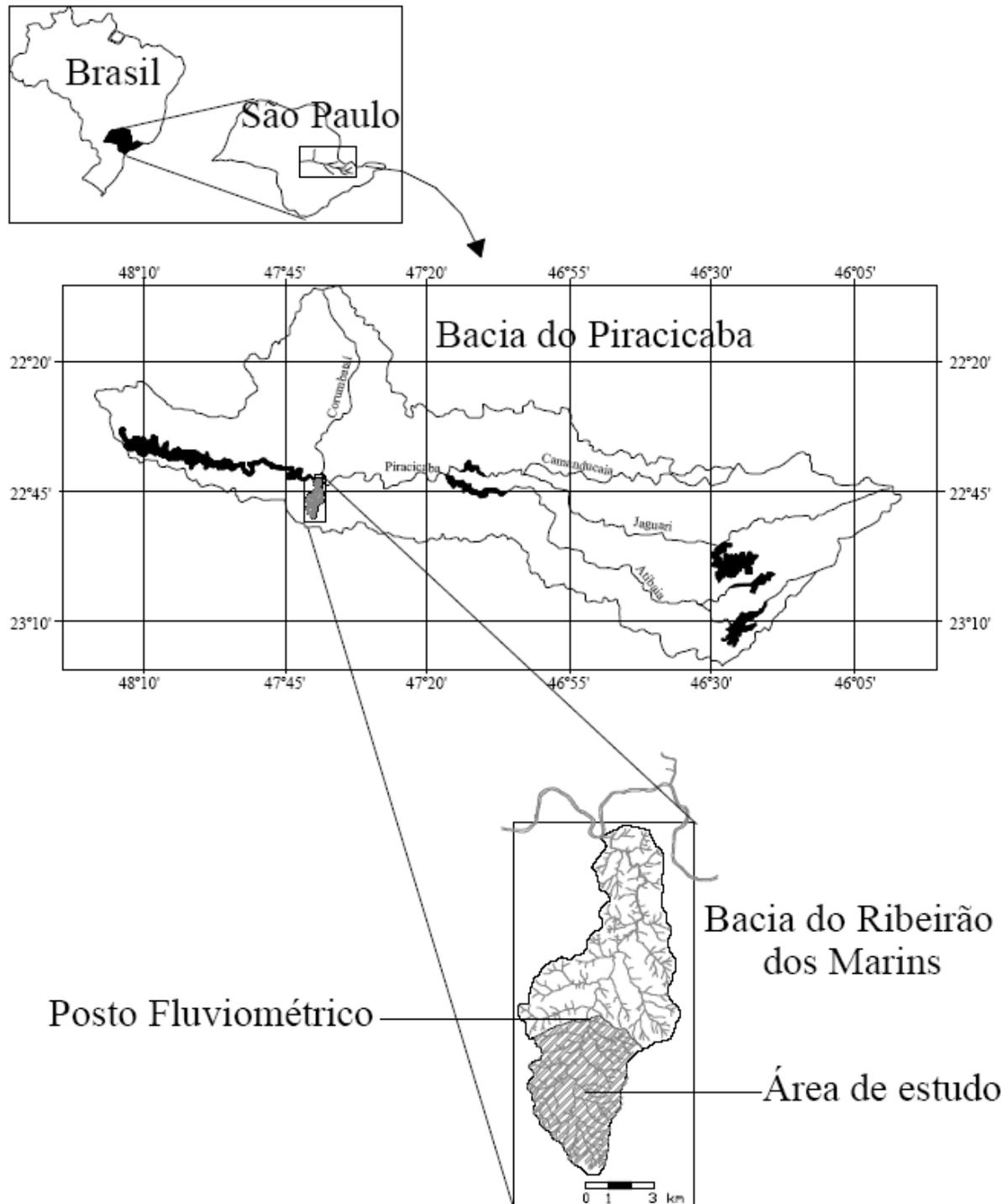


Figura 1 – Localização da microbacia do Ribeirão dos Marins. (Fonte: SARTORI, 2004)

3.1.1.3 Precipitação

A precipitação é caracterizada por um período chuvoso, que se estende de outubro a março, e período seco de abril a setembro, sendo abrupta a passagem de um período para outro.

Foram utilizados os dados de precipitação para o cálculo da intensidade máxima de precipitação com duração de 30 minutos e tempo de recorrência de 5 anos.

Para o cálculo da intensidade máxima de precipitação foi utilizada a equação de intensidade, duração e frequência da precipitação, calculada pelo programa PLÚVIO 2.1 desenvolvido pelo GPRH (Grupo de Pesquisa dos Recursos Hídricos) da Universidade de Viçosa, MG, com seus respectivos parâmetros calculados para Piracicaba, SP utilizando a seguinte equação.

$$i_m = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (1)$$

em que:

i_m é a intensidade máxima média de precipitação, mm/h;

T é o período de retorno, anos;

t é a duração da precipitação, min; e

K, a, b, c são parâmetros relativos à localidade.

Para a microbacia os parâmetros da equação obtidos pelo PLUVIO 2.1 são os seguintes:

$K = 1773,932$;

$a = 0,173$;

$b = 24,999$;

$c = 0,798$.

A intensidade de precipitação calculada foi de $95,73 \text{ mm.h}^{-1}$.

3.1.1.4 Solos

Os solos presentes na Microbacia do Ribeirão dos Marins são, predominantemente, os **Podzólicos Vermelho-Amarelos**, de horizonte B textural, que apresentam um incremento de argila com a profundidade e distinta individualização de horizontes. Os perfis são bem drenados, moderadamente porosos, de textura média ou argilosa, com blocos subangulares. Em geral, apresentam erosão moderada a forte, dependendo do relevo e da posição da paisagem. Cuidados especiais devem ser tomados para o manejo destes solos, especialmente onde o relevo é acidentado, o que restringe sua utilização intensiva. Estão presentes também os **Latossolos Vermelho-Amarelos**, que apresentam boas condições de drenagem, são profundos, com teores de argila de 15% a 90%. As características de estrutura, porosidade, permeabilidade, drenagem e consistência decorrente da constituição de seus minerais e do relevo geralmente pouco acidentado, conferem a eles elevada resistência à erosão. No entanto, tem-se observado que o manejo inadequado pode acarretar na formação de camadas compactadas, que diminuem significativamente a infiltração de água, aumentando os riscos de erosão. São encontrados também os **Litólicos**, que são solos rasos, pedregosos, com um horizonte A assentado diretamente sobre o horizonte C ou sobre a rocha. São de textura bastante variada, predominando a fração areia, e de fertilidade variável. São encontrados em regiões de relevo forte ondulado a montanhoso. São solos que apresentam alto risco de erosão, limitando sua capacidade de uso (MACEDO, 1994).

A distribuição espacial das classes de solo é apresentada na Figura 2.

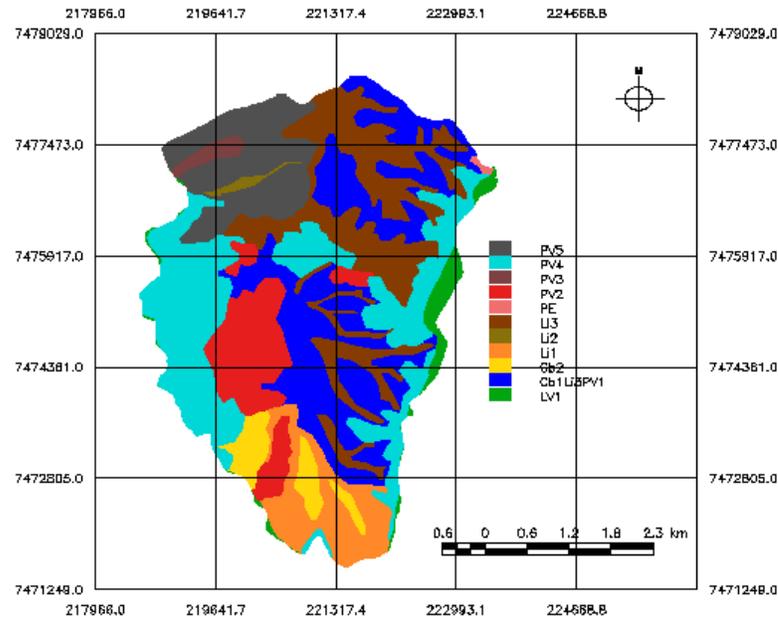


Figura 2 – Mapa de solo da microbacia do Ribeirão dos Marins

Legenda expandida das classes de solos segundo Ranieri (1996)

PV1: Podzólico Vermelho-Amarelo indiscriminado fase pouco profundo, substrato siltito e folhelho da formação Corumbataí;

PV2: Podzólico Vermelho-Amarelo, álico ou distrófico, Ta ou Tb, A moderado, textura média/argilosa;

PV3: Podzólico Vermelho-Amarelo, textura arenosa/argilosa abruptos;

PV4: Podzólico Vermelho-Amarelo, textura arenosa/média;

PV5: Podzólico Vermelho-Amarelo, textura média/argilosa;

Li1: Solo Litólico, textura arenosa;

Li2: Solo Litólico, textura média;

Li3: Solo Litólico álico ou distrófico, Ta ou Tb, A moderado, textura argilosa, substrato siltito da formação Corumbataí;

Cb1: Cambissolo indiscriminado, substrato siltito e folhelho da formação Corumbataí;

Cb2: Cambissolo textura média;

PE: Podzólico Vermelho Escuro, textura argilosa ou argilosa/muito argilosa;

LV1: Latossolo Vermelho-Amarelo, álico ou distrófico, a moderado, textura média.

3.1.1.5 Uso e cobertura do solo

A bacia é ocupada, na maior parte, pelo plantio da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e pastagens (*Brachiaria spp*). A vegetação nativa encontra-se em trechos não contínuos e na parte baixa da bacia, seguindo os cursos d'água. Possui olarias e chácaras, notando-se um avanço da área urbana na porção inferior da bacia, o que a torna um exemplo de área problema quanto à ocorrência de usos competitivos (agrícola x urbano). A cana-de-açúcar é cultivada nas áreas de menor declividade, enquanto que as encostas mais íngremes são ocupadas com pastagens. Pequenas áreas com eucaliptos (*Eucalyptus spp*) são encontradas nas partes mais elevadas e

alguns fundos de vale, ao passo que a vegetação nativa quase inexistente, encontrando-se apenas alguns remanescentes às margens do ribeirão dos Marins (MACHADO, 2002).

Sartori (2004) realizou um estudo de avaliação da classificação hidrológica do solo para a determinação do excesso de chuva pelo Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos, fazendo uma avaliação do uso e cobertura do solo, corroborando o descrito anteriormente.

3.1.1.6 Relevo

O relevo da microbacia consiste em suavemente ondulado no topo. A partir daí em direção ao ribeirão dos Marins o relevo torna-se ondulado a fortemente ondulado. As colinas são estreitas, formando esporões com lançantes longos, quase paralelos entre si, orientados no sentido do topo do ribeirão. A declividade nessas colinas está em torno de 5% a 10% e o comprimento da rampa varia de 500m a 1000m. Estes lançantes são separados por vales escarpados em forma de “V”, onde a declividade é superior a 30% (TERAMOTO, 1995). Conforme observado na Figura 3.

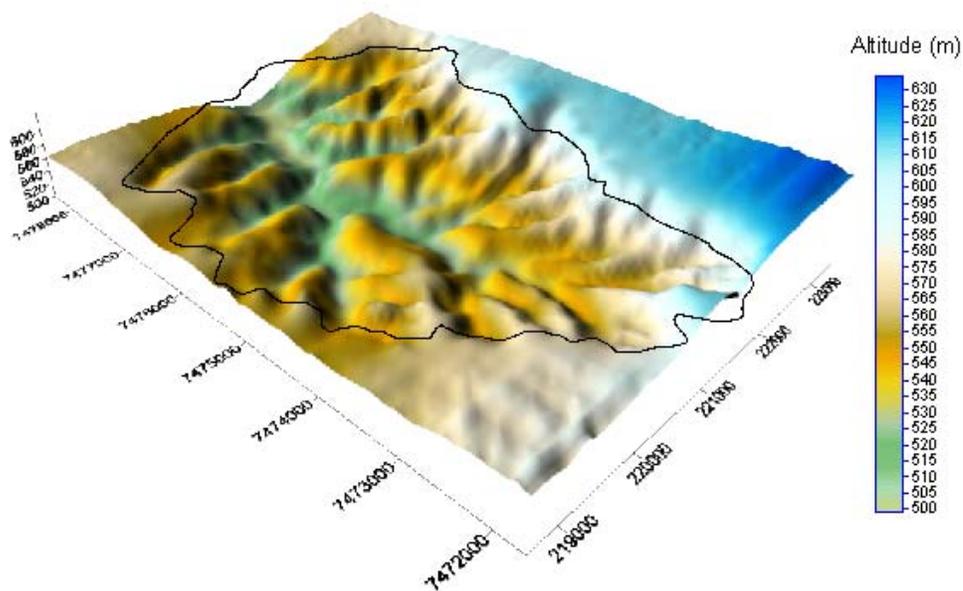


Figura 3 – Conformação do relevo na microbacia do Ribeirão dos Marins

3.1.1.7 Malha fundiária

A bacia encontra-se dividida, em geral, por propriedades dedicadas ao cultivo da cana-de-açúcar, localizadas na sua parte superior indo além da sua porção mediana. Na parte inferior da microbacia, algumas propriedades foram divididas em loteamentos e pequenas chácaras onde esta ocorrendo o avanço urbano.

A malha fundiária foi levantada e disponibilizada para este estudo pela Casa da Agricultura de Piracicaba. Foi obtida por meio de um processo de montagem de um mosaico com fotografias aéreas do local. Com o auxílio do software AutoCad e verificação de campo delimitou cada uma das propriedades (Figura 4).

Posteriormente a malha fundiária foi transformada em arquivo na estrutura raster, para o cálculo das áreas de cada propriedade e suas características superficiais.

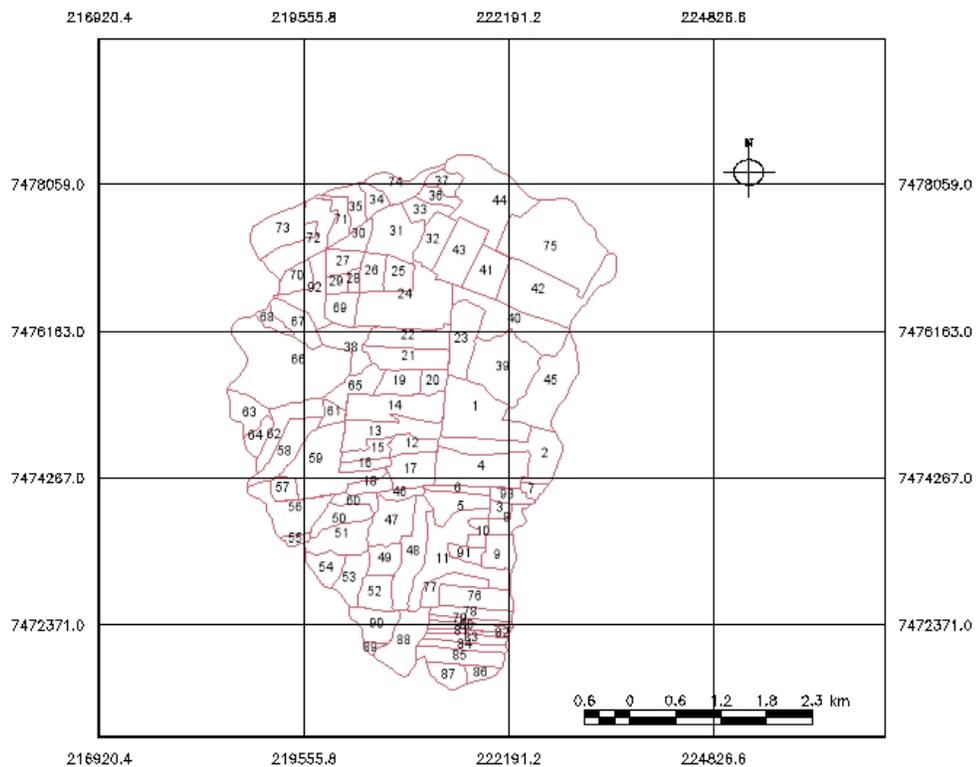


Figura 4 - Limite da microbacia do Ribeirão dos Marins e localização da malha fundiária

Foram identificadas 93 propriedades. A cada uma foi atribuído um número identificador para localizar e comparar os resultados.

3.1.1.8 Rede hidrográfica da microbacia

A rede hidrográfica foi gerada em um arquivo vetorial, através da identificação dos talvegues com auxílio das curvas de nível obtidas nas cartas topográficas. Após o seu traçado foram utilizadas as imagens de satélite para verificação do posicionamento dos canais de drenagem para possíveis ajustes, como mostra a Figura 5. Este PI utilizado para a caracterização fisiográfica da microbacia e na locação das APPs em torno da rede hidrográfica.

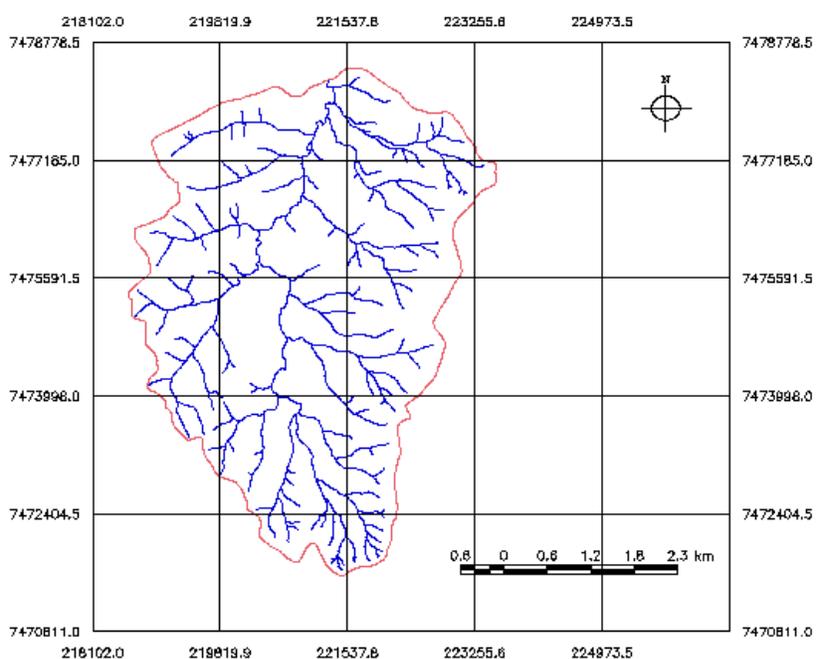


Figura 5 - Distribuição da rede hidrográfica da microbacia do Ribeirão dos Marins

3.1.1.9 Imagem de satélite e cartas topográficas

As imagens adquiridas para o estudo na microbacia do Ribeirão dos Marins foram disponibilizadas gratuitamente pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial).

Foram utilizadas imagens do satélite TM-Landsat 5, de agosto de 2007, com resolução espacial de 30 metros

Foram utilizadas, ainda, imagens do satélite Quickbird fornecidas pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), com resolução de 2,5 metros.

As cartas topográficas utilizadas pertencem à mapoteca do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, Piracicaba, SP do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, na escala 1:10.000.

3.2 Métodos

3.2.1 Caracterização fisiográfica da microbacia

Dentre as características fisiográficas da microbacia foram calculados, após a digitalização dos limites e da rede hidrográfica da microbacia sobre as imagens o comprimento total da rede de drenagem, a área e o perímetro da microbacia. Foi calculada, também, a Densidade de Drenagem (DD) através da Equação 2.

$$DD = \frac{\sum L}{A} \quad (2)$$

em que:

DD é a densidade de drenagem (km/km²)

L é o comprimento dos cursos d'água (km);

A é a área da microbacia (km²).

Após foi calculado o Coeficiente de Compacidade (K_c), através da seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (3)$$

em que:

K_c é o coeficiente de compacidade;

P é o perímetro da microbacia (m);

A é a área da microbacia (m²).

O K_c é a relação entre o perímetro da microbacia e de um círculo de área igual a da microbacia. O K_c indica o quanto a forma da bacia se aproxima do formato circular, quanto mais próximo da unidade, maior a tendência a inundações (mantidas as demais condições constantes).

Um coeficiente mínimo igual a 1 corresponderia à uma bacia circular, portanto, inexistindo outros fatores, quanto maior o K_c menos propensa a enchentes é a bacia (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Foi calculado, também, o comprimento médio de vertentes (L_{esc}), que indica a distância média percorrida pela água de forma difusa, isto é, sem caracterizar caminhos preferenciais (escoamento concentrado), estimado pelo método do retângulo equivalente, através da Equação 4 (VITTE, 2005).

$$L_{esc} = \frac{1}{4 \times DD} \quad (4)$$

Foi obtido também o fator de forma (k_f) pela Equação 5, sendo este a relação entre a largura média da bacia e o comprimento axial do curso d'água mais longo. Este índice também indica a maior ou menor tendência de ocorrência de enchentes em uma microbacia.

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (5)$$

em que:

K_f é o fator de forma;

A é a área da microbacia (km^2);

L é o comprimento axial do curso d'água mais longo (km).

Uma microbacia com k_f baixo, ou seja, com um L grande, terá menor propensão a enchentes que outra de mesma área, mas com k_f alto.

3.2.2 Georreferenciamento

O datum utilizado foi o Córrego Alegre e o sistema de coordenadas o UTM (Universal Transverso de Mercator), fuso 23S.

Com as cartas no formato digital e devidamente georreferenciadas foi feito o registro das imagens de satélite adquiridas para o trabalho. As imagens passaram, então, por um processo de

retificação, com base nas cartas topográficas, o que consistiu em reorganizar os pixels das imagens em relação ao sistema de coordenadas e a projeção cartográfica adotada.

O procedimento de retificação da imagem foi realizado no software SPRING 5.04 (Registro de Imagem), em que foram identificados alvos de fácil visualização nas cartas topográficas e na imagem trabalhada, atribuindo-se ao alvo da imagem as mesmas coordenadas da carta topográfica (Figura 5).

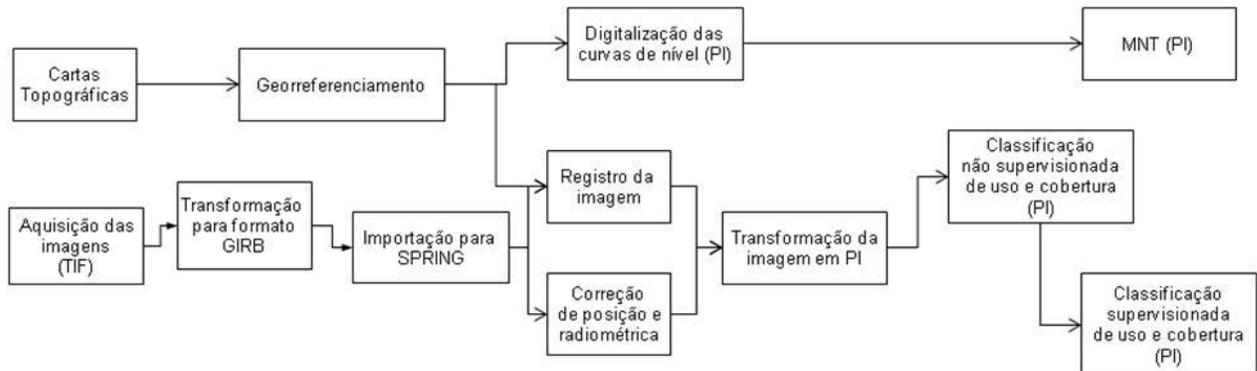


Figura 6 – Tratamento das cartas topográficas e imagens de satélite para classificação de uso e cobertura do solo

Após estes procedimentos, as cartas e as imagens foram transformados em planos de informação (PIs) e armazenados.

3.2.3 Geração dos planos de informação (PIs)

Foram criados Planos de Informação (PIs) contendo informações individualizadas da microbacia, como: uso e cobertura do solo; malha fundiária; limites da bacia; rede de drenagem; solos; declividade e fatores da MEUPS. Cada um desses PIs funciona como um mapa independente, gerados a partir da classificação das imagem georreferenciada anteriormente.

O primeiro PI gerado foi o referente aos limites da microbacia. Os limites (divisor de águas) foram identificados sobre as cartas topográficas planimétricas, sendo posteriormente digitalizadas para a composição do PI, já determinado no levantamento da malha fundiária.

O próximo passo foi a geração do Modelo Numérico do Terreno (MNT), a partir da digitalização das curvas de nível da área na escala 1: 10.000, com suas respectivas altitudes, gerando o PI Modelo de Elevação do Terreno. Com este modelo foi gerado um mapa de

declividades, pixel a pixel, pelo software SPRING 5.0.4, com uma resolução de 2,5m x 2,5m, e subdividido em 8 classes, sendo este o PI de declividades da microbacia.

O mapa de declividades foi calculado inicialmente em porcentagem de declive e posteriormente transformado em um mapa de declividade adimensional ($m.m^{-1}$). Este procedimento foi necessário devido ao cálculo dos fatores LS (fator topográfico) e Tc (tempo de concentração) da equação MEUPS, conforme descrito em Aquino et al. (2008), sendo que o primeiro necessita da entrada dos dados em porcentagem e o segundo em $m.m^{-1}$.

O PI seguinte a ser criado foi o de uso e cobertura do solo. O procedimento adotado foi inicialmente uma classificação não-supervisionada da imagem de satélite, para identificação preliminar das classes presentes. Posteriormente foi realizada uma classificação supervisionada selecionando-se somente os alvos de interesse, divididos em cinco classes de uso e cobertura: mata nativa; cana-de-açúcar; pastagem; eucalipto; e área urbana.

O PI Rede Hidrográfica encontrava-se pronto no banco de dados do laboratório, tendo já sido utilizado em trabalhos anteriores na bacia, descrito anteriormente.

Os PIs gerados foram posteriormente utilizados na modelagem dos processos de erosão e sedimentação, tanto para a microbacia como para cada propriedade e também para a geração dos cenários de simulação.

3.2.4 Identificação das APPs

Conforme previsto no Código Florestal, cursos d'água com até 10 metros de largura, devem apresentar uma faixa de mata ciliar em cada lado com uma largura de, no mínimo, 30 metros.

Criou-se, então, um PI contendo informações somente de APP em torno da rede hidrográfica, através da criação de "buffers" de 30 metros.

Este procedimento teve por finalidade gerar dados para a simulação de efeitos das APPs sobre a intensidade dos processos erosivos e de sedimentação na microbacia.

3.2.5 Locação da RL em cada propriedade rural

A locação das RLs em cada propriedade foi feita através dos mapas digitalizados da malha fundiária, tendo sido identificadas as propriedades com área superior a 50 hectares devendo estas destinarem 20% de sua área a implantação de RL.

Após a identificação dessas propriedades foram criados buffers para a locação e determinação do tamanho de cada RL de acordo com o Código Florestal.

A implantação foi feita em locais com minimização do prejuízo aos agricultores, em termos de utilização de terras. Outro critério adotado foi a conectividade das RLs entre as propriedades e APPs tendo em vista a possibilidade da formação de “corredores”.

As RL foram implantadas na forma de faixas perpendiculares a declividade, com o objetivo de minimizar o deflúvio.

3.3 Modelagem matemática

Para a modelagem matemática foi utilizada a linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) do software SPRING. Este procedimento foi adotado porque o modelo MEUPS não está disponível na interface da maioria dos softwares que trabalham com os processos de erosão e sedimentação.

Para que o modelo seja inserido na interface do SPRING foi necessário que todos os PIs gerados anteriormente fossem transformados em planos numéricos de informação, para a possibilidade do cruzamento das informações necessárias, pois estes estavam na forma de imagens, temáticos e cadastrais, ou seja, na forma vetorial ou raster.

Os PIs foram substituídos pelos coeficientes relacionados ao modelo aplicado.

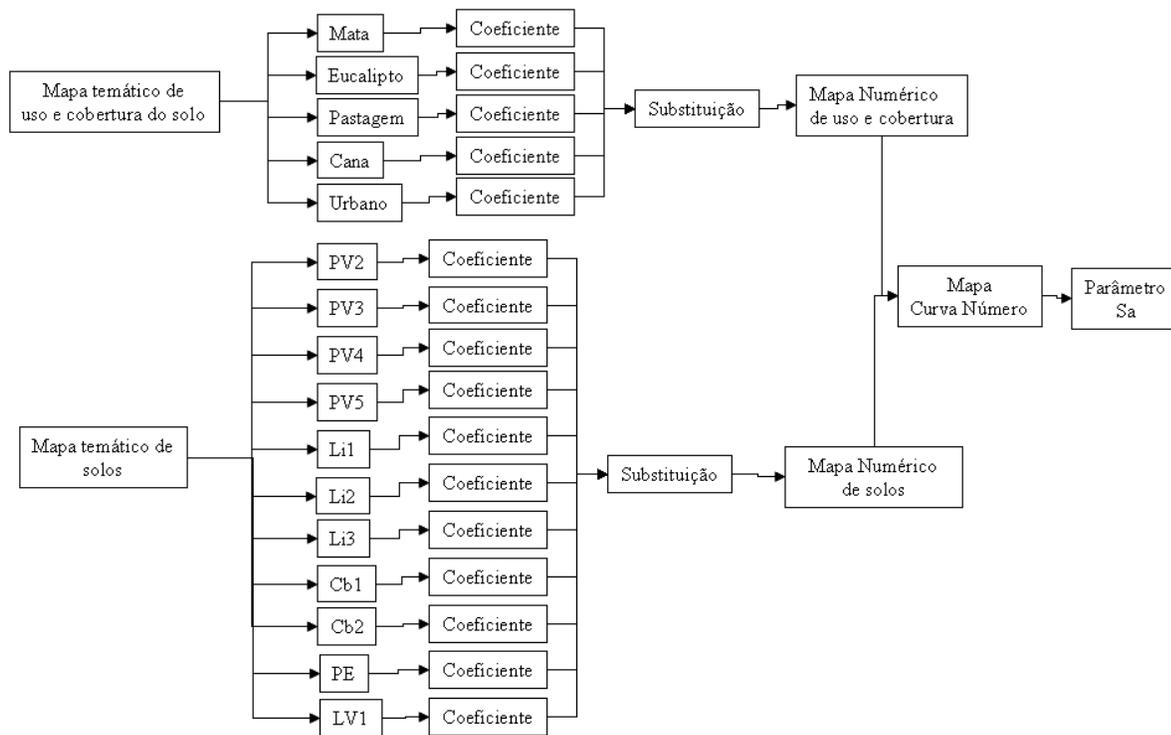


Figura 7 – Procedimento de conversão de mapas em coeficientes

3.3.1 Aplicação do modelo MEUPS

O modelo aplicado neste estudo foi o MEUPS (Equação Universal de Perda de Solo Modificada) para a determinação do aporte de sedimentos produzidos, e caracterização dos indicadores de erosão do solo envolvendo dados de elementos do meio físico e da ocupação antrópica (ARAUJO JR., 1997).

A equação do modelo MEUPS é descrita, segundo Williams (1975), como:

$$Y = 89,6 \times (Q \times qp)^{0,56} \times K \times C \times LS \times P \quad (6)$$

em que:

Y é o aporte de sedimentos em um determinado exutório da bacia, após um evento de precipitação (Mg);

Q é o volume de escoamento superficial total (m³);

qp é a vazão pico do hidrograma resultante (m³/s);

K é a erodibilidade do solo (t.ha.h/ha.Mj.mm);

C é o fator uso e manejo das culturas;

LS é o fator topográfico (declividade e comprimento de vertente);

P é o fator práticas conservacionistas;

O volume de escoamento superficial foi calculado através do método da abstração (USDA-SCS, 1973). Foi determinado pixel a pixel por meio da aplicação da Equação 7. Esta aplicação gerou um mapa de volume total de água armazenado na superfície do solo para ser escoado ao longo da microbacia até seu exutório. O somatório dos pixels resultou no volume total de água na superfície do solo.

$$Q = \frac{(I - 2Sa)^2}{(I + 0,8Sa)} \quad (7)$$

em que:

Q é o volume de escoamento superficial de um evento de precipitação(mm);

I é o volume de precipitação (mm);

Sa é a diferença potencial máxima entre a precipitação e o escoamento, a partir do início da precipitação.

O parâmetro Sa utilizado na Equação 8 pode ser estimado empiricamente segundo Schwab et al. (1981), como:

$$Sa = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad (8)$$

Dadas as dificuldades encontradas para se determinar o potencial máximo entre a precipitação e o escoamento, o SCS (Soil Conservation Service) (1972) adotou um índice denominado Curva Número de escoamento, representado por CN, obtido em função da cobertura do solo pela vegetação, tipo de preparo e classe de solo (AQUINO, 2008).

Para a determinação do CN, o método proposto pelo SCS divide os tipos de solo em quatro grandes grupos hidrológicos USBR (United States Bureau of Reclamation), (1977):

GRUPO A – Potencial mínimo de escoamento superficial e alta taxa de infiltração; incluem solos arenosos profundos com pouco silte e argila, e também muito permeável; apresenta taxa de infiltração de 8 – 12 mm/h;

GRUPO B – A maior parte dos solos arenosos, menos profundos ou menos compacto que o grupo A, porém com uma infiltração média superior e menos permeável que o anterior; apresenta taxa de infiltração de 4 – 8 mm/h;

GRUPO C – Solos pouco profundos, que geram escoamento superficial acima da média e com infiltração inferior à média, com porcentagem considerável de argila; possui taxa de infiltração de aproximadamente 1 – 4 mm/h;

GRUPO D – Solos pouco profundos, com infiltração muito baixa, gerando muito escoamento superficial, contendo mais argila do tipo 2:1.

Com a classificação hidrológica apresentada determinou-se o valor CN para a aplicação da Equação 8. Os dados referentes aos tipos de solo encontrados na microbacia foram os classificados por FIORIO.(2000). Com estes dados chegou-se aos valores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de CN para os diferentes solos e coberturas

Solo	Tipo de cobertura				
	Cana	Pastagem	Eucalipto	Mata	Urbano
LV	50	60	30	18	100
PV	60	66	42	25	100
Cb	60	66	42	25	100
Li	60	66	42	25	100
PE	60	66	42	25	100

Fonte Setzer e Porto (1979)

Para o cálculo da vazão de pico (qp) em cada pixel na microbacia estudada, gerou-se um mapa temático por meio da Equação 9:

$$qp = 0,0028 \times A \times \frac{Q}{Tc} \quad (9)$$

em que:

qp – vazão de pico do hidrograma resultante (m³/s);

A – área de cada pixel (hectare);

Q – volume de escoamento superficial (mm);

Tc – tempo de concentração em cada pixel (horas).

A vazão de pico representa o volume máximo de água escoada em cada pixel em função do tempo de concentração.

O cálculo do tempo de concentração proposto pelo SCS – USDA (ESTADOS UNIDOS, 1990):

$$Tc = L^{0,8} \left[\frac{\left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}}{4407 + (Sg)^{0,5}} \right] \quad (10)$$

em que:

Tc – Tempo de concentração de cada pixel (horas);

L – comprimento da diagonal do pixel (m);

CN – Curva número por pixel (mapa temático);

Sg – Declividade de cada pixel na microbacia (m/m).

O tempo de concentração representa o tempo que a água precipitada na parte superior de cada pixel levará para chegar à saída deste mesmo pixel e começar a contribuir para o pixel seguinte. O somatório dos tempos de concentração de cada pixel resultará no tempo de concentração total para que toda a água que precipitou na microbacia contribua no exutório da mesma (AQUINO et al., 2008).

Na adaptação do modelo original, o fator L, ou fator comprimento da encosta, e o fator S, ou fator declividade, foram combinados em um único fator, referido por fator LS, ou topográfico, de acordo com a Equação 11 desenvolvida por Bertoni e Lombardi Neto (1999):

$$LS = 0,00984 \times L^{0,63} \times S^{1,18} \quad (11)$$

em que:

LS = fator topográfico (adimensional);

L = comprimento da vertente (m);

S = declividade, (%).

O fator LS foi obtido pelo mapa de elevação (MNT), calculando-se pixel a pixel os valores de comprimento de rampa e declividade.

Após foram gerados os mapas com os fatores C, P e K no formato numérico. Estes fatores foram obtidos por meio de tabelas em função do tipo de solo e seus fatores físicos e químicos, assim como tipo de cobertura e uso do solo. Estes fatores foram determinados por FIORIO (2000), para a região de Piracicaba. Estas tabelas (2 e 3) estão representas a seguir.

Tabela 2 - Fatores de uso – manejo(C) e práticas conservacionistas (P) para as culturas encontradas na microbacia do Ribeirão dos Marins

Uso e cobertura do solo	C	P
Cana-de-açúcar	0,1100	0,5
Pastagem	0,0080	1,0
Mata	0,0001	1,0
Eucalipto	0,0026	1,0
Urbano	1,0000	1,0

Fonte: Fiorio (2000)

Tabela 3 - Coeficientes de erodibilidade do solo (K) da microbacia do Ribeirão dos Marins

Solo	K (t.ha.h/ha.Mj.mm)
Cb1-Li3-PV1	0,072
Cb2	0,0433
LV1	0,013
Li1	0,0465
Li2	0,1448
Li3	0,1448
PE	0,061
PV2	0,045
PV3	0,029
PV4	0,0414
PV5	0,028

Fonte: Fiorio (2000)

3.4 Determinação do aporte de sedimentos

Estes resultados foram obtidos pela MEUPS calculados pixel a pixel. Com o modelo foi obtido um mapa numérico de aporte de sedimentos que, posteriormente, foi transformado em um

mapa temático para identificação dos locais susceptíveis a erosão. O procedimento de cálculo é mostrado no fluxograma da Figura 8.

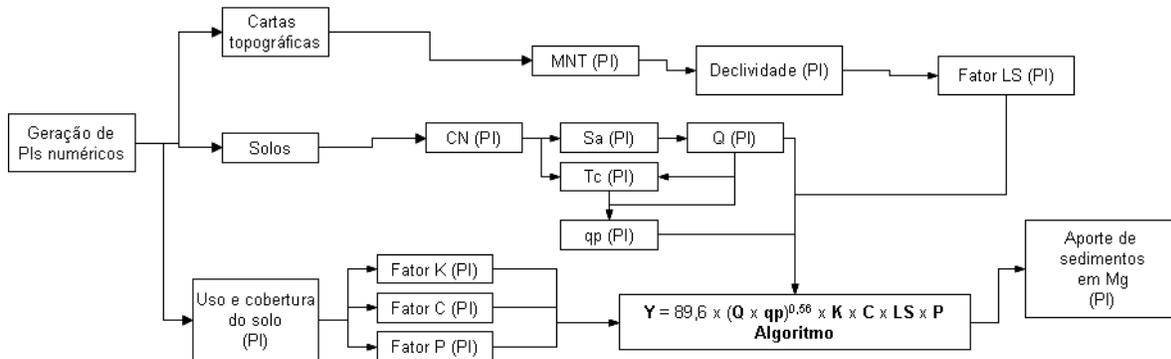


Figura 8 - Fluxograma de aplicação da MEUPS

3.5. Potencial de erosão (PE) e potencial antrópico de erosão (CP) para a MEUPS

Para a avaliação e predição das perdas de solo por erosão, a USLE (Universal Soil Loss Equation), proposta por Wischmeier e Smith (1978), tem sido o modelo mais utilizado em todo o mundo. A equação engloba um conjunto de fatores naturais e antrópicos. Dentre os fatores naturais, destacam-se a erosividade da chuva (R), a erodibilidade do solo (K) e o fator topográfico (LS). Os fatores antrópicos são definidos pelo uso e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P).

A multiplicação dos fatores naturais, conforme definido na EUPS (R, K, LS), determina o potencial natural de erosão (PNE), ou seja, a perda de solo provocada exclusivamente pelos fatores naturais condicionantes da erosão (MELLO et al., 2006; ARAUJO JR, 1997).

Mello et al. (2006) na determinação da ação antrópica associaram o fato C aos dados relativos à chuva, isto é, em relação à porcentagem de distribuição do índice de erosão (EI) anual, considerando $P = 1$.

Com essa metodologia são calculados o risco de erosão (RE), que é a perda de solo calculada pela perda tolerável (CPTolerável) para cada tipo de solo, estabelecido para os solos do Estado de São Paulo por Bertoni e Lombardi Neto (1999). O CPTolerável é obtido pela relação Atolerável/PNE. A comparação é realizada através do CPatual correspondente à influência da ocupação atual no condicionamento da erosão, que em função dessa ocupação representa as perdas de solo, tendo implícita a influência das diversas variáveis inerentes às práticas agrícolas.

O fator C_Ptolerável corresponde a um índice de perdas de solo que considera todas as características do meio físico intervenientes no processo de erosão (BUENO et al., 2004).

Mediante a essas comparações percebeu-se que para a MUSLE, a literatura ainda é carente em estudos comparativos de perda de solo e verificação de riscos de erosão, uma vez que esta equação tem maior precisão do que a USLE. Com isso foi utilizada uma adaptação da metodologia utilizada na USLE para localização de pontos de maior risco de erosão, aplicada a MEUPS.

A dinâmica natural da paisagem, juntamente com a quebra do equilíbrio naturalmente estabelecido, provocada pela ação do homem, determina a intensidade dos processos erosivos (BUENO, 2004).

O potencial de erosão (PE) pode ser entendido como a perda de solo provocada exclusivamente pelos fatores naturais condicionantes da erosão (ARAUJO JR, 1997).

O potencial de erosão foi calculado através da Equação 12:

$$PE = Enxurrada \times K \times LS \quad (12)$$

em que:

K: coeficiente de erodibilidade do solo (t.ha.h/ha.Mj.mm);

LS: é o fator topográfico (adimensional).

A enxurrada pode ser determinada pela seguinte equação:

$$Enxurrada = 89,6 \times (Q \times 0,001 \times qp)^{0,56} \quad (13)$$

em que:

Q: volume acumulado (m³);

qp: vazão de pico (m³/s).

A diferença está na substituição do fator R da USLE pelo cálculo da Enxurrada para sua multiplicação pelos fatores K e LS. Esta substituição é feita devido ao fator R da USLE ser calculada para dados anuais, uma vez que a MUSLE utiliza dados de um evento extremo de precipitação (ARAUJO JR, 1997).

O potencial antrópico de erosão (CP) corresponde à influência do uso do solo no condicionamento a erosão, representando as perdas de solo em função dessa ocupação, das práticas conservacionistas e processos erosivos instalados.

Para o cálculo de CP foi utilizada a seguinte equação:

$$CP = \text{Enxurrada} \times C \times P \times LS \quad (14)$$

em que:

C é o fator uso e manejo das culturas;

LS é o fator topográfico;

P é o fator prática conservacionista;

Na USLE é utilizado o índice de erosão (EI) provocado pela chuva multiplicado pelos fatores C e P para determinação da ação antrópica. Para a MUSLE o fator EI foi substituído também pela Enxurrada, multiplicando-se por C e P e ainda neste trabalho, foi acrescentando a declividade no cálculo, pois acredita-se que em solos sob ação antrópica a declividade tem uma parcela bastante grande na erosão do solo que na USLE não é considerado.

3.6 Risco de Erosão (RE)

O Risco de Erosão (RE) foi utilizado para verificar a o grau de influência dos fatores erosivos antrópicos sobre os fatores naturais. Sendo o fator antrópico maior que o fator natural, resulta em risco de erosão e aporte de sedimentos nessas regiões.

Para a análise dos resultados, tem-se o equilíbrio em 1, valores desta relação maiores do que 1 representam regiões com maior fragilidade erosiva e valores menores do que 1 ocorrem para regiões em condições normais, com menor risco de erosão acentuada, mantendo ainda o solo elevado nível de produtividade por longo período de tempo.

$$RE = \frac{CP}{PE} \quad (15)$$

em que:

RE é o Risco de Erosão

CP é o potencial antrópico de erosão:

PE é o potencial natural de erosão.

Outra metodologia, também adaptada para a MUSLE, foi trazida de Bueno (2004), que utilizou os fatores C_{Patual} e C_{Ptolerável} calculados para a USLE, onde a diferença entre a ocupação atual e a ocupação tolerável definem a expectativa de erosão. A diferença fornece indicadores numéricos da maior ou menor possibilidade da presença de erosão. Quando o resultado fosse positivo, espera-se a manifestação de processos erosivos, isto é, existe uma discrepância na ocupação da gleba considerada, o que reflete maior possibilidade de incidência de erosão chamado de “Discordância Negativa”.

Neste trabalho utilizou-se a discordância negativa somente para a verificação do RE, com a diferença obtida pela Equação 15. Essa relação foi realizada através da “verificação negativa” (VN) dos coeficientes PE e CP. O procedimento foi feito através da subtração de PE por CP e quando o valor resultasse negativo significava que o fator antrópico estava se sobressaindo sobre o fator natural, indicando risco de erosão, o que justifica os valores de RE.

$$VN = PE - CP \quad (15)$$

em que:

VN é a verificação negativa;

PE é o potencial natural de erosão;

CP é o potencial antrópico de erosão.

3.7 Geração de cenários de simulação

Para a realização de uma análise comparativa foram criados cenários de simulação, referentes ao comportamento da microbacia, para a verificação das regiões susceptíveis ao aporte de sedimentos (Y), volume acumulado na superfície (Q) e da vazão de pico (qp), com a condição atual e quatro situações distintas de implantação de APP e RL.

Os cenários foram elaborados visando a atender a legislação, além de preservação e manutenção da fauna e flora do local.

Com os cenários adotados tentou-se mostrar a configuração mais adequada de conservação e preservação dentro da microbacia através dos cálculos mencionados para diminuir o Risco de Erosão.

O primeiro cenário estudado foi a condição atual em que se encontra a microbacia hidrográfica.

O segundo cenário (simulação 1) foi a implementação de APP em torno da rede hidrográfica da microbacia. Conforme consta no Código Florestal, rios com até 10 metros de largura deverão apresentar uma faixa de 30 metros de mata ciliar em ambas as margens, denominada APP.

O terceiro cenário estudado (simulação 2) foi a implementação de RL em propriedades que têm sua área igual ou superior a 50 hectares. Segundo o Código Florestal esta também é uma obrigatoriedade para as propriedades rurais deste porte, que devem reservar 20% de sua área para esta finalidade. A RL foi implantada em regiões de maior declividade e procurando interferir na menor área possível do plantio da cana, para minimizar prejuízos aos agricultores, pois acredita-se que nestes locais a perda de solo é influenciada pela declividade. A RL foi implantada na forma de faixas de mata perpendiculares ao escoamento, com o intuito de formar uma barreira a este e ainda tentando-se estabelecer a conectividade com a APP e com as propriedades vizinhas, formando corredores.

O quarto cenário (simulação 3) foi a implementação de RL agrupando-se propriedades vizinhas, para que o somatório de suas áreas fosse igual ou superior a 50 hectares. Para isso foram tomadas somente aquelas cujas áreas tivessem em torno 30 hectares. Com este somatório de áreas distribuíram-se os 20% de RL entre as propriedades agrupadas. Este critério foi adotado porque em propriedades muito pequenas a área ocupada por RL seria proporcionalmente muito grande, resultando na ocupação quase que total destas pequenas propriedades.

O quinto cenário (simulação 4) foi realizado considerando a microbacia como uma única “propriedade”, distribuindo em sua área 20% de RL, não levando em consideração a malha fundiária.

Estas condições foram adotadas para a comparação da eficiência de implantação de RL em relação a APP.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Malha fundiária da microbacia do Ribeirão dos Marins

A malha fundiária apresenta uma grande variação nos valores de área das propriedades, variando de 0,6 ha a 107,95 ha, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Esta variação é atribuída às modificações realizadas nessa microbacia devido à expansão urbana, divisão de terras para loteamentos e chácaras.

Tabela 4 - Valores das áreas em hectares de cada propriedade na microbacia

Propriedade	Área (ha)	Propriedade	Área (ha)	Propriedade	Área (ha)
1	61,85	32	22,02	63	15,10
2	44,55	33	12,36	64	1,92
3	5,79	34	9,48	65	19,81
4	52,01	35	12,63	66	107,95
5	21,83	36	9,39	67	19,72
6	7,13	37	10,53	68	6,01
7	4,54	38	24,75	69	16,04
8	10,15	39	61,04	70	13,09
9	15,92	40	52,46	71	13,50
10	7,83	41	26,34	72	34,26
11	55,51	42	65,25	73	26,06
12	12,87	43	34,97	74	12,74
13	32,80	44	66,24	75	93,80
14	42,46	45	50,26	76	23,72
15	12,23	46	6,97	77	14,75
16	8,55	47	29,69	78	13,37
17	25,51	48	36,01	79	7,21
18	10,06	49	15,66	80	8,82
19	16,80	50	17,78	81	5,66
20	10,11	51	27,72	82	0,60
21	28,65	52	18,79	83	9,97
22	27,08	53	18,22	84	9,93
23	32,06	54	13,85	85	19,51
24	69,35	55	3,26	86	5,38
25	14,98	56	34,08	87	10,59
26	15,38	57	9,60	88	5,63
27	13,59	58	26,42	89	1,77
28	4,41	59	61,56	90	17,98
29	7,03	60	8,95	91	8,53
30	11,41	61	7,34	92	26,02
31	38,27	62	23,99	93	8,85

4.2 Características fisiográficas da microbacia

As características fisiográficas da microbacia estão representadas na Tabela 5.

Com os resultados obtidos pode ser verificado que a microbacia apresenta um bom sistema de drenagem, o que indica uma possibilidade de escoamento superficial rápido, o que poderá provocar arrastes de sedimentos.

Tabela 5 - Características fisiográficas da microbacia do Ribeirão dos Marins

Parâmetros	Resultados
Área	21,16 km ²
Perímetro	21,07 km
Comprimento da rede de drenagem	74,20 km
Densidade de drenagem (DD)	3,51 km.km ⁻²
Coefficiente de compacidade (K _c)	4,57
Comprimento médio de vertentes	71,31 m
Coefficiente de forma (k _f)	0,28
Comprimento axial	8,67 km

A microbacia apresentou uma DD de 3,51 km.km⁻². Segundo Cardoso et al. (2006) este índice pode variar de 0,50 km.km⁻², em bacias com drenagem pobre, até 3,50 km.km⁻² ou mais, em bacias bem drenadas, indicando assim que a microbacia em estudo possui uma boa capacidade de drenagem. Quanto maior o valor de DD mais rápida será a drenagem da água superficial, diminuindo o risco de cheias e menor será a extensão do escoamento superficial.

Collares (2000) salienta a importância na determinação da DD, pois, além da geologia, outros fatores do meio físico podem influenciar na sua determinação, tais como: topografia, clima, solo, relevo, declividade e vegetação e dentre os fatores antrópicos, apenas a urbanização e a agricultura são capazes de provocar alterações consideráveis na DD.

Com o resultado de k_c pode-se observar que se trata de uma microbacia bem drenada, que não apresenta riscos de enchentes. Tal fato está associado aos altos valores de declividade no interior da microbacia (VITTE, 2005).

O resultado do comprimento do escoamento difuso para a microbacia mostra que a água percorre um caminho relativamente curto, até encontrar a rede de drenagem.

Vitte (2005) comenta que a topografia do terreno, representada pela declividade e pelo comprimento dos lançantes, exerce acentuada influência sobre a erosão. O tamanho e a

quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem da velocidade com que ela escorre e essa velocidade é uma resultante do comprimento do lançante e do grau de declive do terreno. Estas informações reforçam a importância da utilização de análises sobre o comprimento de vertentes para o planejamento territorial.

A microbacia em estudo possui um comprimento axial do curso d'água de 8,67 km e um k_f de 0,28, indicando a baixa propensão a enchentes, confirmando os resultados obtido pela DD e k_c .

Com estes resultados percebe-se que a microbacia apresenta um alto fluxo de escoamento, o que pode contribuir para o aporte de sedimentos, principalmente nos locais de declividade mais acentuada.

4.3 Mapa de declividades

Na Figura 9 esta representado o mapa de declividades dividido em 8 classes conforme descrito anteriormente.

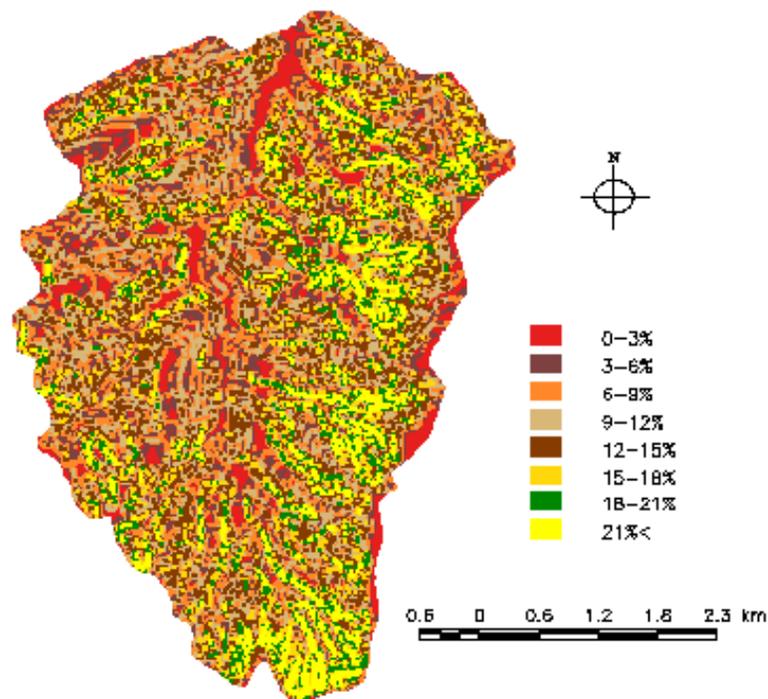


Figura 9 - Mapa de declividades da microbacia do Ribeirão dos Marins

Analisando o mapa foi feita uma verificação tomando-se uma linha perpendicular ao desenvolvimento dos rios, notando-se que as declividades no interior da microbacia apresentaram uma variação próxima de zero nos cursos de água, chegando a 68,0% na direção oposta.

Pode ser observado que a maior parte da microbacia apresenta uma declividade entre 10% e 20% e somente nas encostas próximas aos mananciais as declividades são maiores, formando barrancos, também se observa a mesma condição na cabeceira e próximo ao exutório da microbacia, o que corrobora o levantamento realizado por Moro (2005).

4.4 Classificação atual de uso e cobertura do solo

O mapa de uso e cobertura do solo foi gerado através da classificação da imagem de satélite, em que foram levantadas cinco classes: área urbana, pastagem, cana-de-açúcar, eucalipto e mata, conforme é apresentado na Figura 10 como já foi descrito.

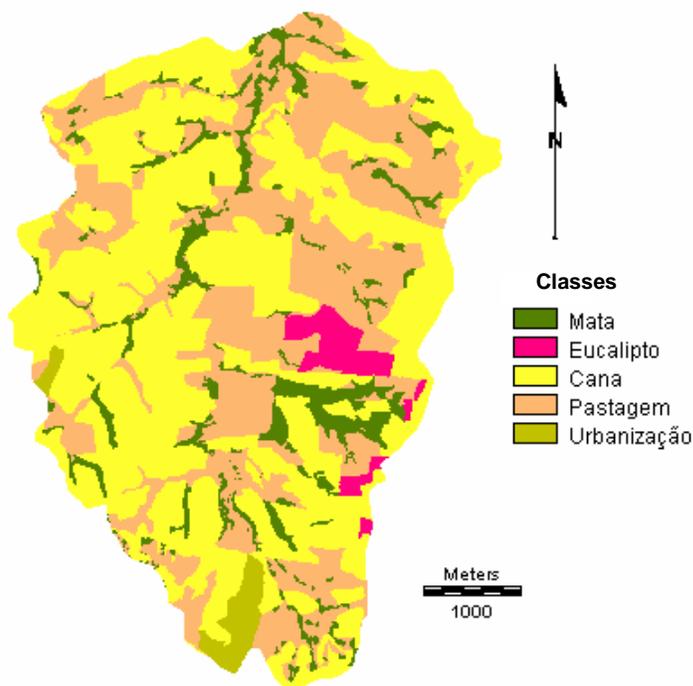


Figura 10 - Mapa de classificação do uso e cobertura do solo atual da microbacia do Ribeirão dos Marins

Pode ser observado que grande parte da microbacia é coberta por cana-de-açúcar e pastagens, sendo que a primeira compreende a maior área, mostrando o avanço agrícola nesta região sobre o ambiente natural (Tabela 6).

A cana-de-açúcar está inserida nas regiões de relevo menos acentuado e a pastagem cobre as regiões de relevo mais acidentado. A cana-de-açúcar recebe, em locais mais declivosos, a proteção do solo por terraços, para a diminuição da velocidade de escoamento da água. Já nos locais onde estão presentes as pastagens não há proteção contra o escoamento superficial, somente a resistência oferecida pelas plantas, fato já constatado por Machado (2002).

Os remanescentes florestais encontram-se em regiões isoladas em algumas propriedades onde o relevo é bastante acidentado, fundos de vales e junto aos rios.

Os dados levantados na microbacia são semelhantes aos encontrados por Moro (2005), aplicando o modelo SWAT na produção de sedimentos e do volume de escoamento superficial com a simulação de cenários alternativos.

Tabela 6 - Classes de uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão dos Marins

Uso	Área ocupada (ha)	%
Mata	187,373	8,57
Eucalipto	55,404	2,53
Cana	1163,860	53,24
Pastagem	737,098	33,73
Urbano	42,238	1,93
Total	2185,973	100,00

4.5 Cenários simulados

Os cenários mostram a classificação da microbacia após a implementação da APP e RLs, onde com estes foram calculados o aporte de sedimentos, volume acumulado, vazão de pico e risco de erosão, para a microbacia e para cada propriedade, como já descrito.

4.5.1 Uso atual do solo

O primeiro cenário estudado foi a condição atual em que se encontra a microbacia hidrográfica, conforme mostrado na Figura 10 e classificado conforme Tabela 6.

4.5.2 Simulação 1

Nesta simulação pode ser constatado que a microbacia apresenta uma contribuição de mata ciliar em torno da rede hidrográfica quase nula (Figura 11).

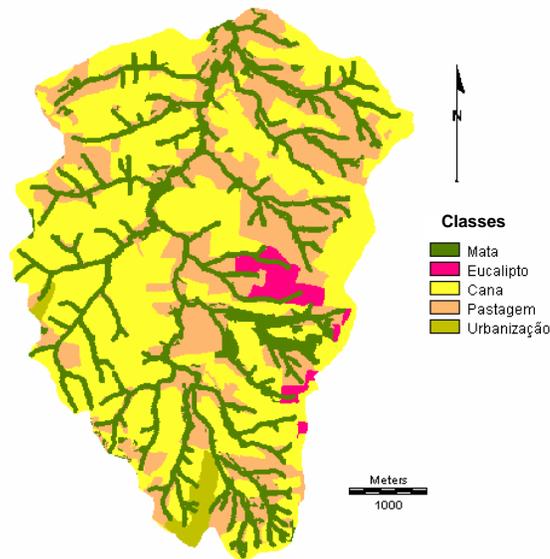


Figura 11 - Uso e cobertura do solo na simulação 1, para a microbacia do Ribeirão dos Marins

4.5.3 Simulação 2

Este cenário é apresentado na Figura 12. Analisando-se a malha fundiária através do PI gerado anteriormente (Figura 4), calculou-se a área de cada propriedade pertencente à microbacia (Tabela 4) e verificou-se que somente as propriedades 1, 4, 11, 27, 42, 43, 45, 47, 62, 69 e 78 possuem área maior que 50 hectares. Esse pequeno número está associado ao fato de que a maior parte delas já sofreu divisões ou foram transformadas em loteamentos.

Nestas propriedades foram distribuídas as RLs, onde o resultado pode ser observado na Figura 12.

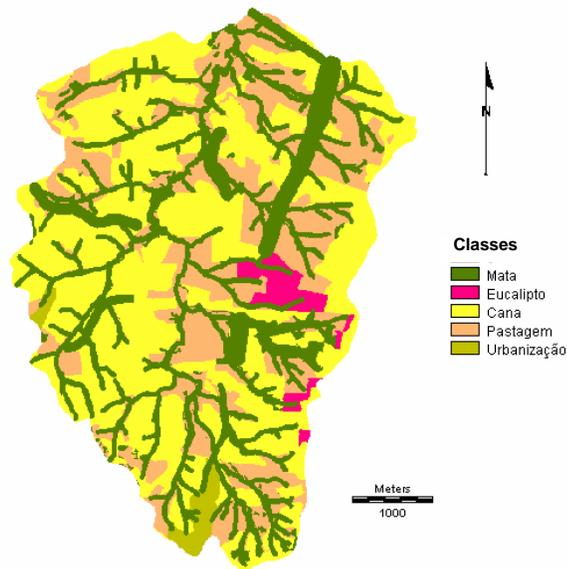


Figura 12 - Uso e cobertura do solo, na simulação 2, para a microbacia do Ribeirão dos Marins

4.5.4 Simulação 3

As propriedades encontradas formando grupos com mais de 50 ha foram as seguintes: (13, 14); (21, 22, 23); (31, 32; 45); e (72, 73), conforme constatado na classificação da Figura 4.

Nestas propriedades também foram distribuídas as faixas de RL. O resultado é apresentado na Figura 13

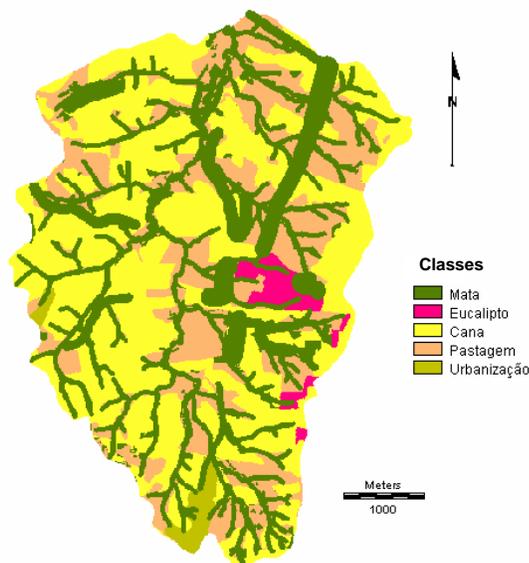


Figura 13 - Uso e cobertura do solo, na simulação 3, para a microbacia do Ribeirão dos Marins

4.5.5 Simulação 4

O mapa gerado (Figura 14) mostra a microbacia quanto à distribuição da RL considerando a microbacia como uma única propriedade.

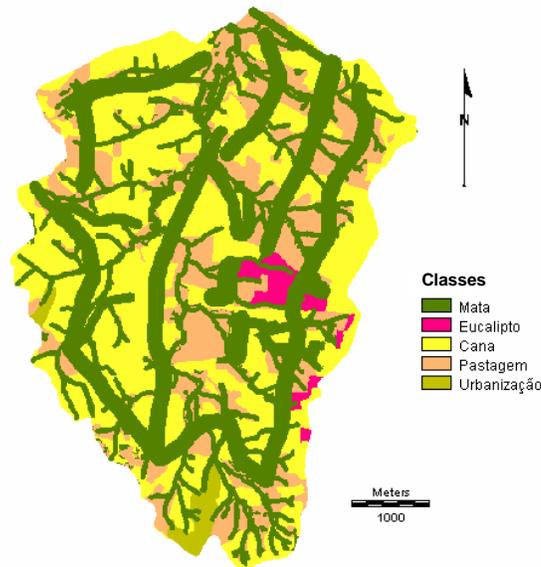


Figura 14 - Uso e cobertura do solo, na simulação 4, para a microbacia do Ribeirão dos Marins

4.6 Condições de uso e cobertura do solo

Conforme a classificação de uso e cobertura do solo nos cenários utilizados foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 7, calculados através de seus mapas temáticos. Sobre eles foram determinadas as porcentagens ocupadas por cada classe de ocupação, possibilitando a identificação do aporte de sedimento produzido pela variação da cobertura do solo e obter-se os pontos de maior Risco de Erosão.

Pode ser observado que em todas as situações a área ocupada por mata sofre um aumento considerável com a implantação das APPs e RLs, o que proporcionou uma diminuição na carga de sedimentos produzidos na microbacia quando aplicou-se a MEUPS.

Observa-se que na simulação 4 (Tabela 7) a área ocupada por mata é quase 50% da área da microbacia. Isso ocorre porque a APP está somada à área de RL. Na Tabela 8 está evidenciada a diferença entre APP e RL na microbacia.

Tabela 7 - Determinação das áreas ocupadas por cada uma das classes de uso e cobertura do solo em cada cenário

Uso	Uso atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
	%				
Mata	8,57	24,08	29,18	31,82	44,29
Eucalipto	2,53	2,15	2,14	1,96	1,70
Cana	53,24	47,97	45,10	44,29	35,90
Pastagem	33,72	24,18	22,15	20,50	16,67
Urbano	1,93	1,63	1,49	1,48	1,49
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Verificou-se também o comportamento, para as diferentes condições de cobertura, do escoamento superficial (qp) e do volume de escoamento (Q), que após a aplicação das equações também diminuíram com o aumento da percentagem de mata (APP e RL) no interior da bacia, o que será discutido posteriormente.

Para melhor visualização dos resultados de uso e ocupação do solo, suas porcentagens são mostradas graficamente na Figura 15.

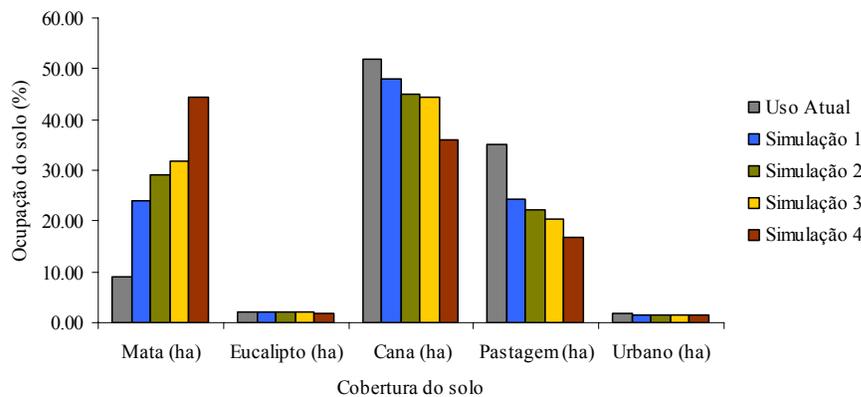


Figura 15 - Uso e cobertura do solo das classes estudadas nas diferentes simulações

Com os resultados representados na Tabela 8, das porcentagens de APP e RL, foi feita uma comparação até a simulação 3 em relação à área ocupada por APP e RL dentro de cada propriedade rural. Com o critério de regularização das propriedades rurais para atender as exigências contidas na lei, observou-se que, se considerarmos a área total da microbacia, a área de RL não obedece à condição mínima de mata de 20% de ocupação da área total, identificando a fragilidade em que se encontra o local. A quantidade máxima alcançada pelas simulações sem

trazer prejuízos aos proprietários rurais foi de 7,74%, não alcançando a metade do mínimo exigido para o total da microbacia (Tabela 8).

Tabela 8 - Percentagens de áreas de APP e RL na microbacia do Ribeirão dos Marins nas diferentes condições de cálculo de aporte de sedimentos

Classe	Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
	%				
APP	0,00	15,51	15,51	15,51	15,51
RL	0,00	0,00	5,10	7,74	20,21
Total	0,00	15,51	20,61	23,23	35,71

Com isso, na simulação 4 adotou-se a microbacia como uma única propriedade e implementou-se a RL ocupando no mínimo 20% da área total, também na forma de faixas perpendiculares ao escoamento superficial como é mostrado na Tabela 8.

4.7 Aporte de sedimentos

Na Tabela 9 são mostrados os dados referentes à determinação do aporte de sedimentos (Y), volume acumulado(Q) e vazão de pico (qp) calculados para a microbacia, pela MEUPS, frente a um evento extremo de precipitação.

Verifica-se que o aporte de sedimentos apresentou uma diminuição ao longo das diferentes situações de uso e cobertura do solo, principalmente quando a RL ocupou 20% da área total da microbacia, como mostra a simulação 4.

Na comparação do uso e cobertura atual do solo com os demais cenários, pode ser verificado (Tabela 9 e Figura 16) que houve uma diminuição no aporte de sedimentos, o que está associado ao incremento de mata na microbacia e ao fato de que na condição atual a superfície do solo apresenta pouca proteção contra os eventos de precipitação e nenhuma barreira de contenção natural para redução do escoamento superficial.

A diminuição do aporte de sedimentos, volume acumulado e vazão de pico, em função da implementação de áreas de mata pode ser confirmada pela análise de regressão realizada e apresentada nas Figuras 46, 47 e 48 dos Anexos, que mostrou uma relação linear entre o aumento da percentagem de mata e as variáveis estudadas, com mais de 99% dos resultados sendo explicados em função da implementação da mata. O mesmo resultado foi observado nos

diferentes cenários estudados onde a análise de regressão explicou mais de 91% dos resultados referentes a mudanças na cobertura do solo (Figuras 49, 50 e 51 dos Anexos).

Resultados semelhantes foram encontrados por Machado (2002), com a aplicação do modelo SWAT na mesma microbacia, para a predição de perda de solo com a simulação de três cenários, onde a implementação de áreas de mata nativa provocou uma diminuição na perda de solo.

Foi observado que nas simulações 2 e 3 não houve uma diferença nos valores de aporte de sedimentos, o que era de se esperar, devido à pequena porcentagem de RL implantada na simulação 3, e ainda associada à pequena declividade nos novos locais de implementação, mantendo a área nas mesmas condições anteriores, o mesmo acontecendo com Q e qp.

Percebeu-se também que somente a APP como único fator de proteção contra a perda de solo na forma de sedimentos, apresentou pequena diminuição, devido a estar localizada em regiões mais baixas e planas. Embora tenha ocorrido uma diminuição no aporte, esta área pode estar tornando-se local de deposição, como salienta Machado (2002), o que pode ser observado na comparação da simulação 1 com a 2 (Tabela 9, Figura 16 e Figura 35).

Pode ser observado que a implantação de RL proporcionou uma melhora quando se trata de proteção contra a erosão de microbacias em relação à implantação de APP (Tabela 9, Figura 16 e Figura 35), principalmente na simulação 4, onde a RL passa a ocupar 20% da área da microbacia, onde a perda de solo diminui consideravelmente, devido ao aumento da rugosidade da superfície do solo, fazendo com que ocorra uma diminuição da carga de sedimentos transportada, diminuindo também Q e qp, como pode ser verificado na análise de regressão (Figuras 35 e 49 a 51 dos Anexos).

Na Figura 16 está representado graficamente o comportamento da carga sedimentológica nos cenários estudados na microbacia, o que facilitou a interpretação e visualização dos resultados.

Tabela 9 - Resultados de aporte de sedimentos e volumes de escoamento superficial e volume acumulado

Classes	Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Y (Mg)	1331,53	1065,64	973,71	945,29	758,01
Q (m ³)	60027,36	51345,52	48772,11	47350,86	41200,51
qp (m ³ /s)	43035,02	35163,98	32898,54	31735,41	26267,42

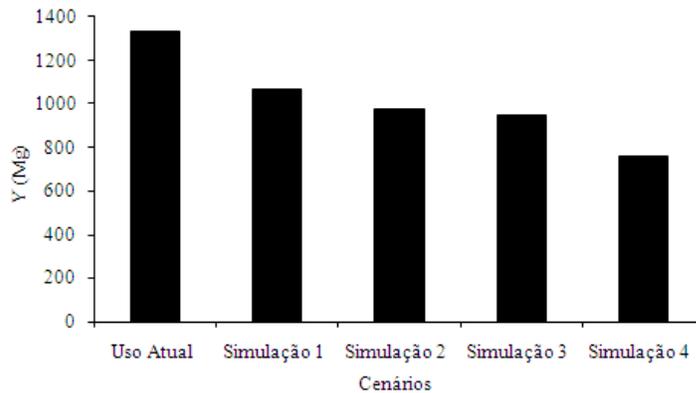


Figura 16 - Aporte de sedimentos para as diferentes simulações estudadas

Pode ser verificado que o aporte de sedimentos está diretamente ligado ao tipo de cobertura do solo e quantidade, assim como o volume acumulado e vazão de pico (Figuras 35 e 49 a 51 dos Anexos). Isso se deve, possivelmente, à interceptação da água precipitada pela copa das árvores, ficando retida, antes de seu escoamento, chegando ao solo em menor quantidade e intensidade.

Resultados semelhantes de aporte de sedimentos, volume acumulado e vazão de pico foram encontrados na calibração e aplicação do modelo MEUPS por Avanzi (2008) em uma microbacia hidrográfica nos Tabuleiros Costeiros brasileiros, associando as maiores precipitações aos maiores deflúvios e vazões de pico, provocando os maiores arrastes de sedimentos.

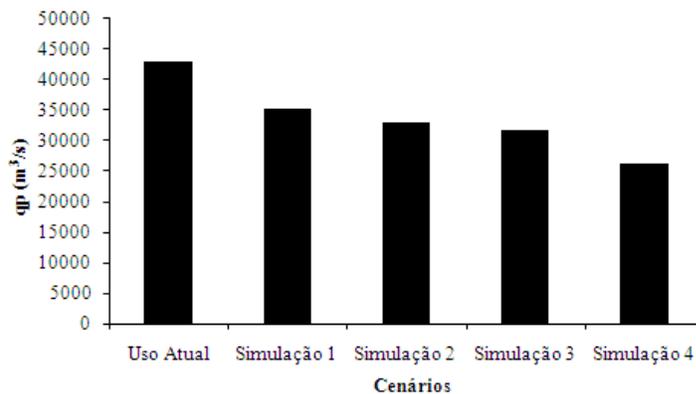


Figura 17 - Vazão de pico na microbacia para as diferentes situações de cobertura do solo

Estes cálculos mostraram que a implantação de matas, como APP e RL, pode promover uma diminuição da quantidade de água escoada superficialmente e, conseqüentemente, a

quantidade de sedimentos transportados até os rios, resultando em uma carga de sedimentos menor no exutório da microbacia e diminuindo, com isso, o Risco de Erosão.

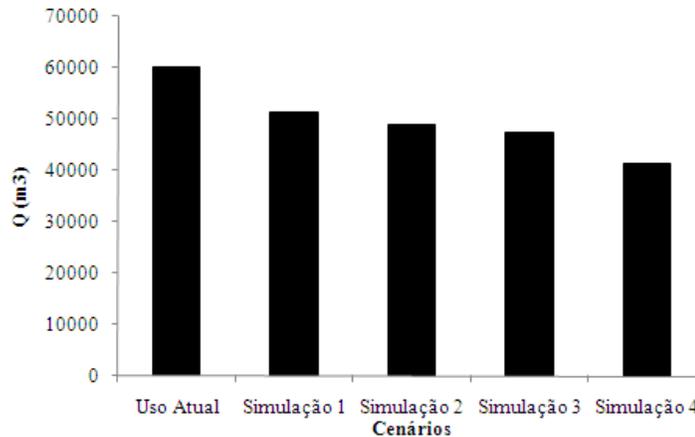


Figura 18 - Volume acumulado no solo para as diferentes condições de uso e cobertura do solo

Aguiar (2006), realizando um trabalho de estimativa do escoamento superficial a partir de testes de infiltração na bacia hidrográfica do Ribeirão do Itaim, em Taubaté, SP, fez uma comparação com o método da Curva Número para diferentes tempos de retorno, corroborando os resultados encontrados neste trabalho.

Além do volume acumulado e da vazão de pico, o fator declividade pode estar diretamente associado à perda de solo. Segundo Silva (2004), as áreas mais críticas estão associadas às elevadas declividades. O mesmo autor observou que os fatores R e K não alteram significativamente os valores de perda de solo, que são mais influenciados pelo fator topográfico LS.

O efeito da declividade pode ser observado, neste trabalho, nos mapas temáticos de determinação das regiões de aporte de sedimentos para todos os cenários estudados (Figuras 19 a 23).

Segundo Weill e Sparovek (2008), em um estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP), a perda de solo está diretamente relacionada ao fator LS, mantendo-se mais baixa nas regiões mais planas, e que o aumento do fator LS mostrou sempre uma relação positiva, isto é, o aumento do fator LS promoveu aumentos proporcionais nas taxas estimadas de perda de solo.

4.8 Regiões de aporte de sedimentos na condição atual

Com as simulações das diferentes condições de uso e cobertura do solo nos cenários elaborados foi possível a visualização dos locais onde ocorreram as diferenças no aporte de sedimentos.

Os mapas foram calculados pixel a pixel e devido a isso a legenda do mapa apresenta valores muito baixos de aporte. O resultado final é obtido pela soma de todos os pixels pertencentes à área em questão, o mesmo ocorre com a volume acumulado e a vazão de pico.

A Figura 19 mostra o aporte de sedimentos na condição atual de uso e cobertura do solo. Observa-se que os locais de maiores perdas são aqueles que apresentam maiores declividades e localizados próximos aos canais de drenagem, onde ocorre a formação de barrancos. Também apresentam maiores perdas os locais ocupados por cana e pastagens, onde a ação antrópica é maior, mesmo com menores declividades.

Silva (2004) estimou a erosão da bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF) e atribuiu à declividade (S) a maior responsabilidade pela diferença entre os valores de erosão, também sendo determinante o Fator L, devido à variação no cálculo do fator LS.

As menores perdas foram observadas nos locais de menor altitude, onde estão localizados os remanescentes florestais e também nos canais de drenagem, tendo o mesmo sido observado por Weill & Sparovek (2008). Observando estes locais percebe-se que estão muito próximos dos locais de maiores perdas, mostrando que estas áreas estão se tornando locais de deposição de material erodido, que posteriormente poderá ser carregado para os rios se ocorrer um evento de precipitação mais intenso.

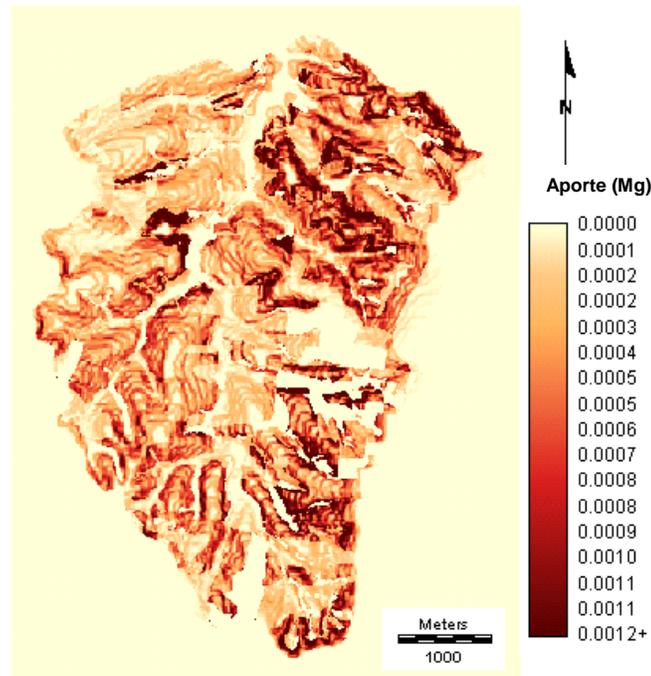


Figura 19 - Distribuição do aporte de sedimentos, por pixel, nas condições atuais de uso e cobertura do solo

4.9 Regiões de aporte de sedimentos na simulação 1

Na simulação 1 (Figura 20) pode ser verificada uma diferença na posição e na quantidade de áreas suscetíveis ao aporte de sedimentos. Este fato está associado a implementação da APP em torno da rede hidrográfica, que pode ser verificado na Figura 46 e 49 dos Anexos. Com a entrada de mata ciliar houve uma cobertura parcial dos locais de maior declividade, como pode ser observado na Figura 20, o que causou a diminuição do aporte. A redução na faixa de declividade descoberta também proporcionou uma redução no volume acumulado e no escoamento superficial observados nas Figuras 46 e 49 dos anexos.

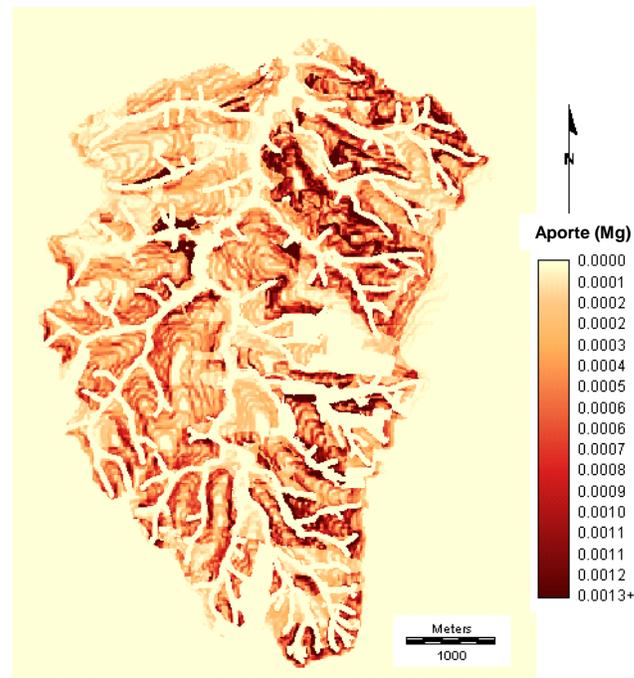


Figura 20 - Distribuição do aporte de sedimentos, por pixel, para as condições de uso e cobertura do solo na simulação 1

4.10 Regiões de aporte de sedimentos na simulação 2

Na simulação 2 continuou ocorrendo uma diminuição no aporte de sedimentos. Este caso está referenciado à implantação da RL nas propriedades com áreas iguais ou maiores que 50 hectares, observado na Figura 21, onde as faixas mais claras representam as regiões de implementação.

As RLs fizeram com que a área ocupada por mata aumentasse consideravelmente em algumas propriedades rurais e na microbacia. A implementação em locais de maior declividade em forma de faixas perpendiculares, proporcionou a proteção destes, acarretando na diminuição no volume acumulado e escoamento superficial, provocando um menor carreamento de sedimentos para os pontos mais baixos.

Segundo Machado e Vettorazzi (2003), o comportamento de uma bacia em relação à sedimentação é muito variável, dependendo do solo, da cobertura vegetal, das declividades, do regime de chuvas, além de outros fatores, assim como foi observado neste trabalho, em que nos locais mais elevados e declivosos ocorreram processos erosivos mais acentuados e nos locais mais planos a diminuição do processo.

A diminuição do aporte de sedimentos, como pode ser verificado, está fortemente ligada a mudanças no uso e cobertura do solo e também a declividade.

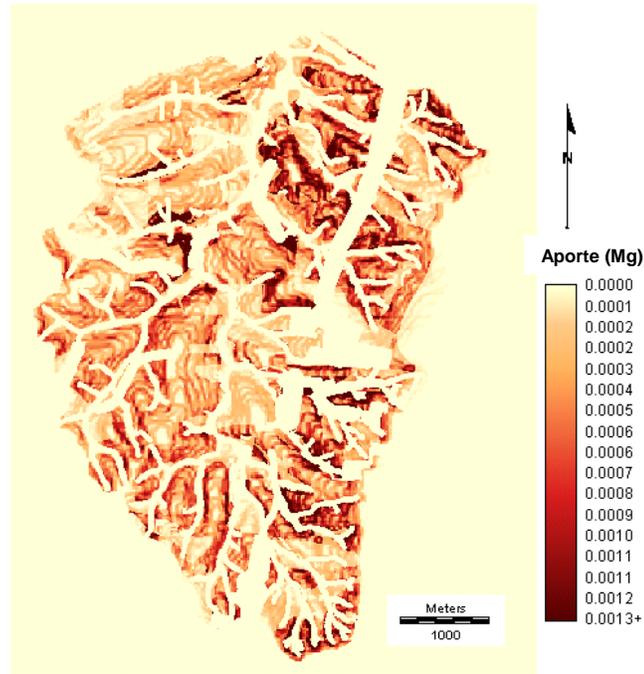


Figura 21 - Distribuição do aporte de sedimentos, por pixel, para as condições de uso e cobertura do solo na simulação 2

4.11 Regiões de aporte de sedimentos na simulação 3

Na simulação 3 houve uma diferença pequena no aporte de sedimentos em relação à simulação 2. Este fato se deve às pequenas áreas de RLs adicionadas à microbacia e estarem posicionadas em locais de declividade baixa, como pode ser constatado na Figura 22.

Com isso a mudança no volume acumulado e na vazão de pico também foi pequena.

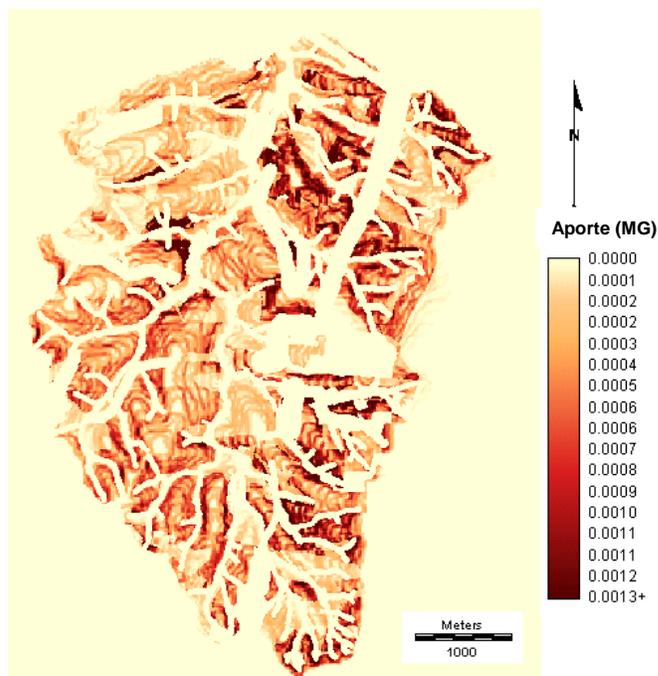


Figura 22 - Distribuição do aporte de sedimentos, por pixel, para as condições de uso e cobertura do solo na simulação 3

4.12 Regiões de aporte de sedimentos na simulação 4

Nesta simulação a perda de solo foi consideravelmente menor que nas outras, devido à grande área de mata ter sido implantada na microbacia. A percentagem adotada foi de 20% em toda a bacia, seguindo a forma de faixas perpendiculares ao escoamento superficial como nas simulações 2 e 3.

Percebe-se que a redução ocorreu, basicamente, nas faixas de inserção da RL, como constatado na Figura 23, onde as faixas claras representam a mata implantada, sendo estes os pontos de diminuição do aporte.

Devido a isso o volume acumulado e a vazão de pico sofreram redução, em função da mudança na cobertura do solo, proporcionando maior proteção, como mostram os gráficos de regressão representados nas Figuras 46 a 51 dos Anexos.

Estes fatos mostram que a RL tem uma influência considerável na perda de solo em relação à APP, o que percebe-se estar associado a ocupar áreas maiores e haver condições de instalá-las em locais mais adequados.

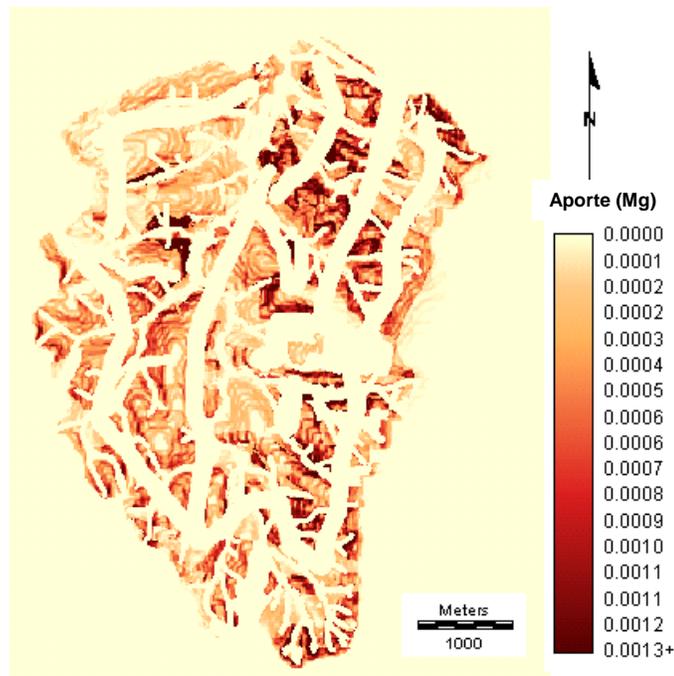


Figura 23 - Distribuição do aporte de sedimentos, por pixel, para as condições de uso e cobertura do solo na simulação 4

4.13 Aporte de sedimentos por propriedade agrícola

Após a quantificação do aporte de sedimentos na microbacia foi realizada uma análise da contribuição, por propriedade agrícola, da quantidade de sedimentos gerados. O procedimento foi análogo ao descrito para a microbacia, sendo neste caso realizado para cada propriedade rural.

Foi feita inicialmente a quantificação do uso e cobertura do solo em cada propriedade de cada cenário simulado, por meio dos mapas temáticos de uso e cobertura do solo gerados sobre a microbacia, conforme Tabelas 14, 15 e 16 dos Anexos. Com os resultados verificou-se uma grande variação no aporte de sedimentos entre as propriedades agrícolas. A variação nos resultados se deve às diferentes faixas de declividade existentes, distribuídas entre as propriedades, e pelo uso e cobertura do solo, em que a grande maioria está coberta por pastagem e cana-de-açúcar, que oferecem baixa resistência ao aporte de sedimentos.

Na Tabela 10 dos Anexos estão representados os resultados de aporte de sedimentos em relação a cada propriedade agrícola localizada na microbacia, em cada cenário simulado.

Existe também uma grande heterogeneidade no aporte de sedimentos nos diferentes cenários. Essa diferença pode ser explicada pelos fatores do modelo, principalmente pelo fator LS

(WEILL; SPAROVEK, 2008), além da grande variação no tamanho da área de cada propriedade. Na Tabela 22 dos Anexos está representado o aporte de sedimentos em porcentagem em relação à área de cada propriedade. Com esses resultados, pode-se observar que praticamente todas as propriedades sofreram mudanças no aporte de sedimentos, principalmente na simulação 4, onde foram detectados os menores valores de perda de solo (Tabela 22 dos Anexos).

Essa diminuição na perda de solo pode estar ligada, como já foi evidenciado anteriormente, ao incremento de mata no interior da microbacia, aumentando a proteção superficial, que pode ser constatada principalmente na simulação 4.

Em função da grande variação na perda de solo em cada propriedade tornou-se difícil a análise dos resultados e a identificação de onde estão ocorrendo os maiores problemas de perda de solo.

Para essa análise foi utilizada a adaptação do método utilizado na equação EUPS da determinação do Potencial Natural de Erosão (PNE) e o cálculo do CP (potencial antrópico de erosão), para o Potencial de Erosão (PE) da MEUPS descrito por Araujo Jr. (1997).

Para a validação do método foi realizada uma análise dos resultados através de uma estatística de distribuição de frequência, para verificar se a implementação de mata no interior das propriedades promove uma diminuição nos valores de aporte de sedimentos, que será discutido no item Potencial de erosão (PE) e potencial antrópico de erosão (CP).

4.14 Vazão de pico por propriedade agrícola

A vazão de pico foi utilizada para auxiliar na discussão dos valores de aporte de sedimentos na microbacia e nas propriedades agrícolas, através da observação do seu comportamento em relação a implementação de APP e RL.

Pode ser observado que com a diminuição da vazão de pico houve a diminuição do aporte de sedimentos, como constatado na análise da microbacia, para todos os cenários estudados. Verificou-se a relação direta da produção de sedimentos com a vazão de pico e esta última com as mudanças na cobertura do solo. Os valores da redução da vazão de pico podem ser analisados conforme mostrado na Figura 17 e Tabela 12 dos Anexos.

Este fato pode ser explicado pela diminuição do volume acumulado onde este tem uma relação direta com as mudanças na cobertura do solo, sobre a superfície do solo onde parte da água foi interceptada pela copa das árvores, conforme Tabela 12 dos Anexos.

4.15 Volume acumulado por propriedade agrícola

Estes valores mostram as quantidades de água a serem escoadas, infiltradas e evapotranspiradas em cada propriedade agrícola na microbacia, após um evento de precipitação. Em função da cobertura do solo, os locais estudados poderão acumular maiores quantidades de água por interceptação, pela APP e RL, e devido a esse acúmulo ocorre uma diminuição na vazão de pico que ocasiona uma diminuição nos valores de aporte de sedimento, conforme as Tabelas 9, 12 e 13 dos Anexos. Verifica-se que a diminuição do volume acumulado está diretamente associada à cobertura do solo (Figura 18), principalmente quando se implanta RL, o que foi verificado após as simulações realizadas.

4.16 Potencial de erosão (PE) e potencial antrópico de erosão (CP)

O potencial de erosão (PE), nome dado aos fatores determinantes da erosão por processos naturais, permitiu a identificação dos locais onde as ações naturais de erosão têm maior possibilidade de ocorrência dentro de cada propriedade agrícola (Tabela 11 dos Anexos).

Com os resultados obtidos e mapas de aporte de sedimentos pode ser observado que os fatores ligados diretamente à erosão por processos naturais, utilizando o modelo MEUPS, foram a cobertura do solo e a declividade, como mencionado anteriormente.

Neste estudo pode ser observado que o PE está presente com maior intensidade no lado direito da microbacia, próximo ao exutório (Figuras 37, 39, 41, 43 e 45 dos Anexos). Observa-se que a ação natural está ocorrendo com maior intensidade nos locais de maior declividades. Nestes locais o processo erosivo está sendo amenizado pela baixa ação antrópica e também onde estão presentes alguns remanescentes e pastagens.

Para Álvares e Silva (2005) a relação observada entre o PE e seus condicionantes mostrou uma ampla semelhança entre a sua espacialização e o relevo e muito pouca entre os solos, o que indica a influência da declividade nos processos erosivos.

Bueno e Stein (2004), em uma verificação do PE e CP, destacam a interação existente entre o solo e o relevo, refletindo o estreito controle exercido pela erodibilidade (K) e pelo fator topográfico (LS), este mais efetivo devido à ação da declividade.

Os valores de PE apresentaram uma grande variação, com valores altos, mas segundo Bueno e Stein (2004), o PE pode apresentar diferentes níveis e valores numéricos altos, não significando, necessariamente, uma maior possibilidade de ocorrência de erosão, apenas indicando que existe uma expectativa de manifestação do processo, não implicando maior probabilidade ou nível de intensidade, caso realmente ocorra.

O potencial antrópico de erosão (CP) diz respeito ao potencial de erosão causado pela ação antrópica frente ao uso e cobertura do solo.

Com o resultado da ação antrópica, foi verificado que o CP está presente em praticamente toda a microbacia, sobressaindo o lado esquerdo, observado nas Figuras 36, 38, 40, 42 e 44 dos Anexos. Mesmo nos locais de remanescentes florestais, aparecem os efeitos desta ação, refletindo a influência antrópica das regiões vizinhas. Percebe-se que além da declividade estar contribuindo para os resultados, as regiões agricultadas apresentaram grande influência, pois mesmo em lugares de baixa declividade os valores de CP foram maiores do que os de PE.

A ação natural e antrópica pode ser verificada, mais facilmente, nos cálculos de Risco de Erosão (RE), que segundo Mello et al. (2005) atribuem aos maiores valores desta relação as maiores perdas de solo e maiores riscos, devido principalmente ao tipo de cultivo e as práticas de manejo, ou seja, a maior ação antrópica.

4.17 Risco de Erosão

Foi observado que aproximadamente 25% das propriedades apresentam riscos de ocorrência de processos erosivos. São elas: 7, 9, 16, 25, 28, 30, 34, 35, 49, 50, 51, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 71, 72, 74, 82, 88 e 89. Estas propriedades apresentaram um RE maior do que 1,0 (Tabela 10 dos anexos), indicando uma atividade antrópica maior.

Mesmo com a aplicação dos diferentes cenários, o RE permaneceu na maior parte das propriedades. Houve uma diminuição no seu valor ao longo dos cenários, mas continuou apresentando um valor maior do que 1,0. Com isso percebeu-se que a ação antrópica tem forte

influência no local, confirmando o mapa gerado de uso e ocupação para a microbacia (Tabela 11 dos anexos).

A permanência dos resultados acima de 1,0 pode estar associada, possivelmente, ao mau posicionamento das RLs nas propriedades e também na microbacia, não possibilitando uma boa retenção dos processos erosivos na região.

Para a verificação dos resultados de RE foram gerados mapas temáticos para cada uma das simulações nas quais indicam os locais com maior probabilidade deste risco (Figuras 24 a 28). Para visualizar a diminuição do RE por propriedades agrícolas foi feita uma análise de distribuição de frequência, para os diferentes cenários, devido as propriedades com possibilidade de RE continuaram apresentando este risco, após mudanças na cobertura do solo (Figuras 29 a 33 e Tabelas 17 a 21 dos Anexos).

Pode-se verificar que relação RE apresentou um resultado próximo de uma distribuição normal, mostrando a existência de dependência entre fatores antrópicos e naturais, ou seja, variações em qualquer um dos fatores provocam alterações nos resultados de perda de solo.

Na Tabela 11 dos Anexos estão tabulados os valores das relações CP/PE e PE-CP, de onde foi gerada a análise de distribuição de frequência. Nas Figuras 29 a 33 são exibidos os histogramas, em que é possível a visualização da diminuição dos processos erosivos em função da variação dos cenários estudados.

Os valores negativos na relação PE-CP mostraram que a ação antrópica foi superior ao potencial natural de erosão, o que confirma o RE que resultou valores maiores que 1 (Tabela 11 dos anexos).

As Figuras 24, 25, 26, 27 e 28 mostram a variação do RE, em que o aumento das manchas claras evidencia a diminuição dos processos erosivos, influenciado pelo aumento das regiões de mata devido à implantação de APP e RL.

Outro fator que confirma essa relação foi a análise de regressão, com uma correlação linear negativa, em que o aumento das regiões ocupadas por RL promoveu uma diminuição no aporte de sedimentos, volume acumulado e vazão de pico (Figuras 34 e 35 e também as Figuras 46 a 51 dos Anexos).

Mello et al. (2005), em um estudo da variabilidade espacial da perda de solo, do potencial natural de erosão e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas, associaram o Risco de Erosão principalmente aos fatores de cobertura e práticas de manejo e, devido a isso, ocorre uma

grande variação nos resultados de perda de solo. Além disso, os mesmos autores ainda afirmam que os maiores valores de perda de solo são diretamente afetados pela declividade do terreno.

Kouli et al. (2008) utilizaram a RUSLE para a estimativa da perda de solo e atribuíram as maiores perdas e riscos ao fator LS, ou seja, em locais de declividade mais acentuada ocorreram as maiores perdas de solo.

Pode ser observado neste trabalho que os maiores valores de Y, e RE, estão sempre associados aos locais de maior declividade, indicando que o fator LS da equação tem uma forte influência sobre os critérios estudados, seguido do tipo de cultura e manejo do solo. A associação de todos estes fatores, estudados ao longo dos cenários simulados, também provocaram alterações no volume de água acumulado e vazão de pico, sendo estes ligados ao tipo de cobertura e manejo do solo. Devido a isso percebe-se a grande dificuldade de estudos de fatores naturais associados a modelos matemáticos.

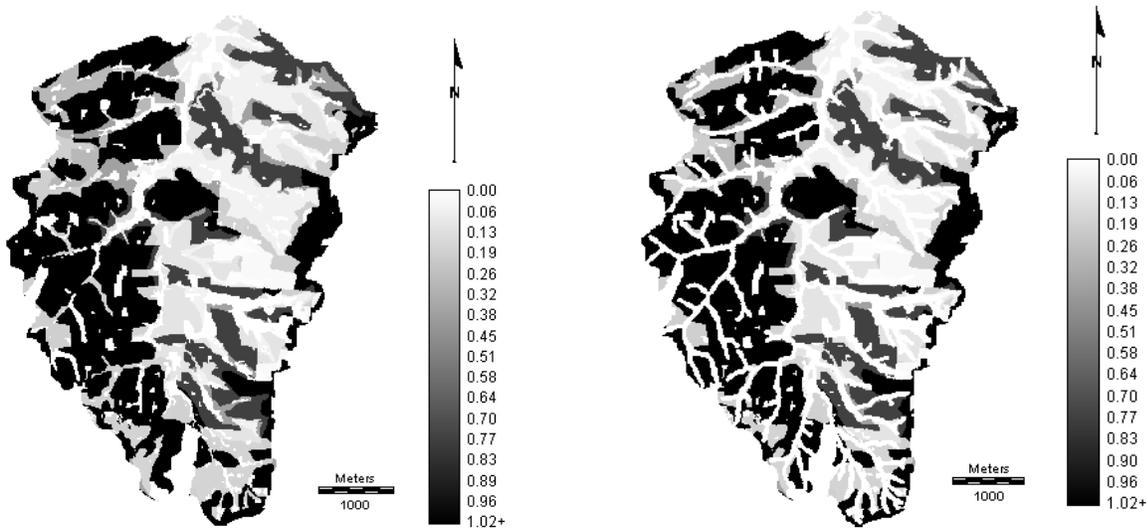


Figura 24 - Relação CP/PE na condição atual de uso e cobertura do solo e Figura 25 - Relação CP/PE na simulação 1

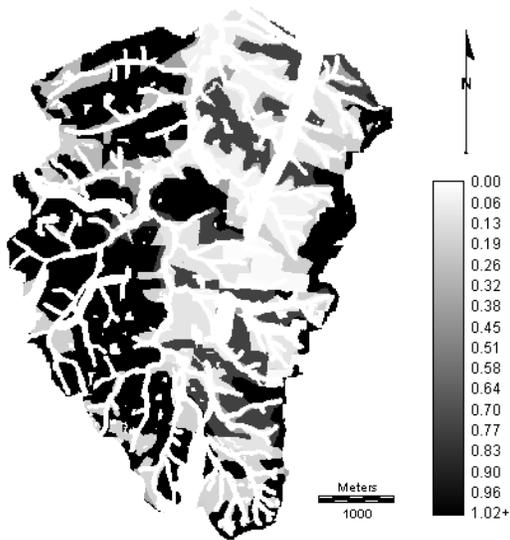


Figura 26 - Relação CP/PE na simulação 2

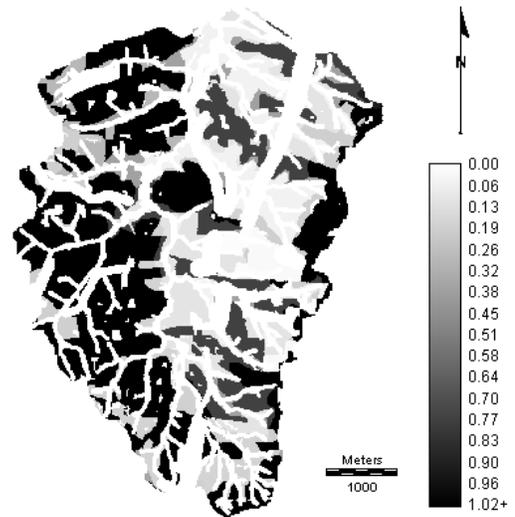


Figura 27 - Relação CP/PE na simulação 3

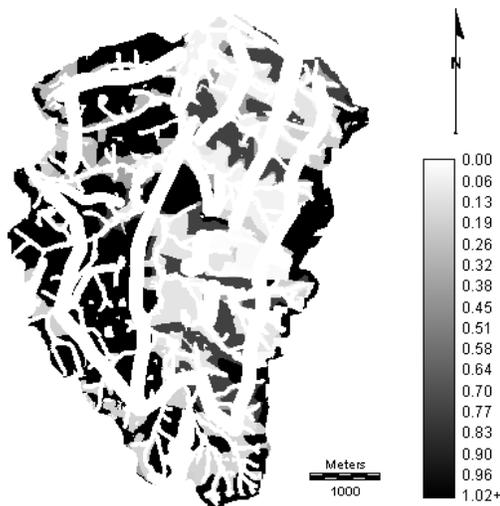


Figura 28 - Relação CP/PE na simulação 4

A elaboração de uma distribuição de frequência possibilitou a visualização do efeito da implantação de áreas de mata na microbacia, na forma de APP e RL em cada propriedade rural.

Pode ser observado que a implantação de APP e RL, ao longo dos cenários simulados, provocou um deslocamento das classes do histograma na relação CP/PE, indicando que a implantação de mata na microbacia provoca um aumento no PE, diminuindo a ação antrópica e, consequentemente, a diminuição do aporte de sedimentos.

Nas Figuras 29, 30, 31, 32 e 33, em que se tem o RE (CP/PE), pode ser confirmada esta observação, onde os valores do potencial antrópico, que na condição atual de uso e cobertura do

solo estavam distribuídos nas classes até valores até 5,0, com a implantação de mata na microbacia houve uma diminuição deste valor para 2,0, confirmando a diminuição da ação antrópica sobre a microbacia.

Segundo Silva (2008) as áreas de RE são um forte limitante ao uso da terra e requer cuidados e planejamento adequado, podendo parte dessas áreas ser destinada à área de preservação ambiental ou ser utilizada com extrema cautela, para evitar os processos erosivos.

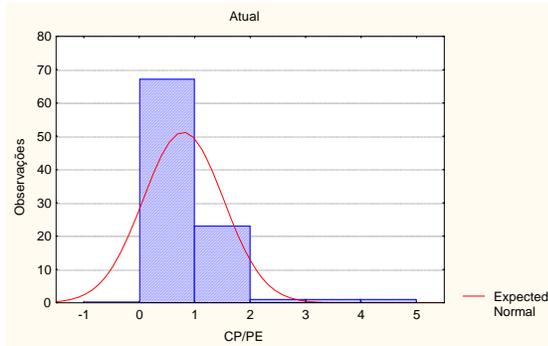


Figura 29 - Distribuição da relação CP/PE para a condição atual

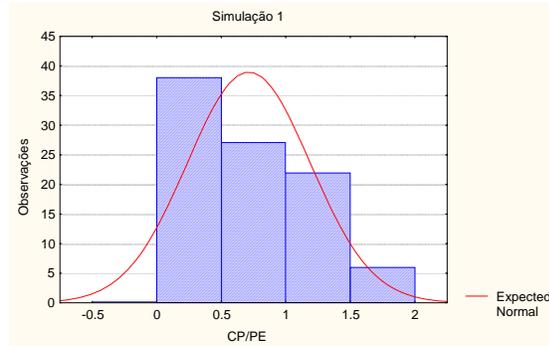


Figura 30 - Distribuição da relação CP/PE para a simulação 1

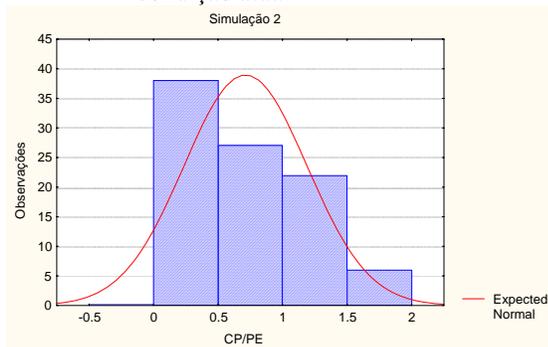


Figura 31 - Distribuição da relação CP/PE para a simulação 2

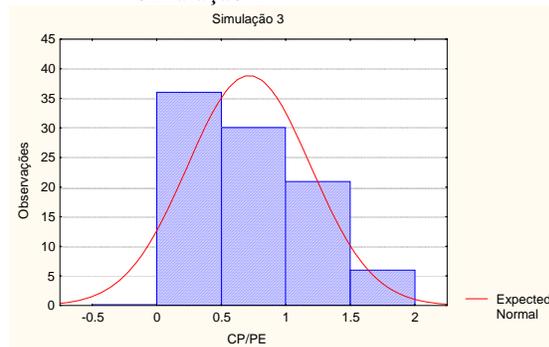


Figura 32 - Distribuição da relação CP/PE para a simulação 3

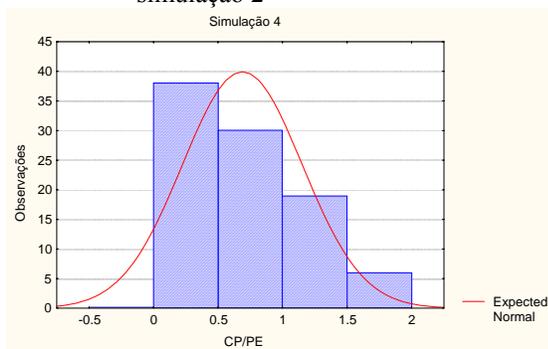


Figura 33 - Distribuição da relação CP/PE para a simulação 4

Com os valores de CP, PE e RE foi possível também traçar uma relação entre estes, o que possibilitou identificar ao longo dos cenários a contribuição da APP e da RL para a diminuição do aporte de sedimentos (Figuras 34 e 35).

Na Figura 34 esta representada a relação entre o aporte (Y), volume acumulado (Q) e vazão de pico (qp), percebe-se que a diminuição do aporte esta diretamente relacionado a mudanças nos cenários e também o Q e a qp. Notando-se que Y é mais sensível as mudanças de cobertura do solo.

Na Figura 35 a relação entre CP, PE e RE foi possível visualizar a interferência da cobertura do solo frente a erosão quando são implementadas as APPs e RLs. Verificou-se que CP e PE diminuíram ao longo das simulações com aproximadamente 90% dos resultados sendo explicados. Mas somente com estes valores não foi possível identificar a maior contribuição entre APP e RL.

Com a curva de RE foi possível a visualização de que a APP não foi suficiente para reduzir o aporte de sedimentos, fato observado no segundo ponto da curva (simulação 1), onde o RE apresentou uma mudança na direção da curva, mas ainda mostrando-se alto e crescendo. A partir dos pontos 2 e 3, ou seja, simulações 2 e 3, onde foram implementadas as RLs, houve uma mudança acentuada na direção da curva, com indicativo da maior contribuição da RL contra o Y. A RL trouxe grande mudança na simulação 4 com a ocupação de 20% da área total onde o RE mostra uma redução real nos seus valores.

Com isso percebe-se a maior contribuição na contenção do aporte de sedimentos mediante a aplicação da RL do que a APP, e que o agrupamento destas duas formas de preservação também pode ter contribuído também.

O fato do aumento do RE nos primeiros pontos da curva pode ser um indicativo do mau posicionamento da RL na microbacia e também nas propriedades rurais.

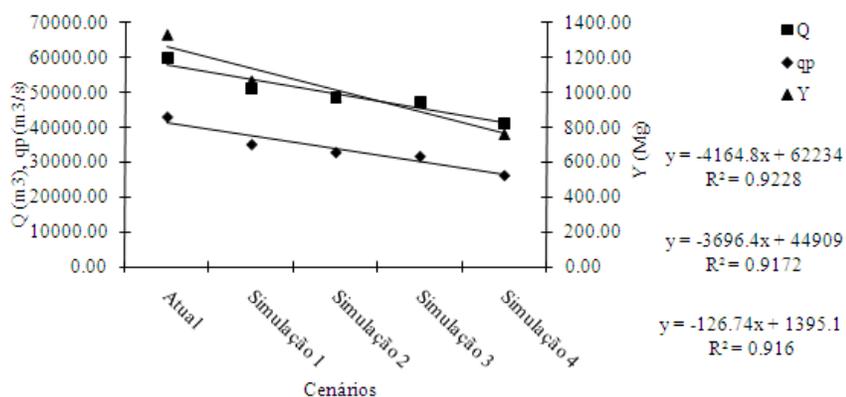


Figura 34 – Comparação do aporte de sedimentos (Mg), volume acumulado (m³) e vazão de pico (m³.s⁻¹).

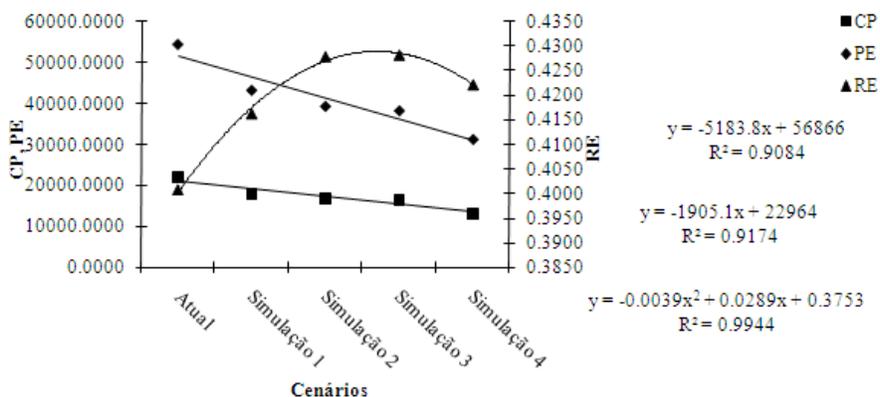


Figura 35 – Comparação do PE, CP e RE para verificação da influência da APP e RL na microbacia.

5 CONCLUSÕES

A proteção de microbacias contra a perda de solo na forma de sedimentos frente a um evento de precipitação intensa apresentou melhores resultados com a RL.

A implantação de RL em microbacias com interferência antrópica necessita de estudos mais específicos, indo além do que está na legislação.

A correlação CP/PE é adequada à análise de propriedades com problemas de perda de solo na forma de sedimentos.

O RE permitiu identificar que a RL tem maior contribuição contra o aporte de sedimentos em relação a APP.

O mapeamento das áreas de risco de erosão permite a identificação de áreas prioritárias de recuperação e planejamento de uso e cobertura do solo.

Um estudo mais aprofundado na localização das áreas de RL em uma microbacia é necessário, para a obtenção de melhores resultados.

A aplicação do modelo MEUPS é adequada para a determinação do aporte de sedimentos, com as limitações de um modelo matemático, por apresentar uma correlação linear entre os fatores estudados.

Estudos complementares são necessários para a validação dos resultados obtidos, de modo a permitir recomendações de uso e manejo na microbacia.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L.S.G. **Estimativa do escoamento superficial a partir de testes de infiltração na bacia hidrográfica do Ribeirão do Itaim.** 2006. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2006.

ALVARES, C.A.; SILVA, A.M. Características das vertentes e potencial natural de erosão da bacia hidrográfica do ribeirão dos pinheiros (Torrinha/Brotas – SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2005.

AQUINO, D.N.; TEIXEIRA, A.S.; LOPES, F.B.; OLIVEIRA, A.D.S. Estimativa do escoamento superficial em microbacia do semi-árido brasileiro pelo emprego do SIG. **Revista Tecnológica de Fortaleza.** Fortaleza, v. 29, n. 1, p. 37-45, jun. 2008.

ARAÚJO JR, G.J.L. **Aplicação dos métodos EUPS e MEUPS na bacia do Ribeirão Bonito (SP) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 1997. 122 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997.

ASSAD, E.D.; SANO, E.E.; MEIRELLES, M.L.; MOREIRA, L. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. [eds.]. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura.** Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1993. cap. 4, p. 89-108.

AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MELLO, C.R.; FONSECA, S. Calibração e aplicação do modelo MUSLE em uma microbacia hidrográfica nos Tabuleiros Costeiros brasileiros. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 563-569, 2008.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BUENO, C.P., STEIN, D.P. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Brotas, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy.** Maringá, v. 26, n. 1, p. 1-5, 2004.

CALIJURI, M.L.; MEIRA, A.D.; PRUSK, F.F. Geoprocessamento aplicados aos recursos hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Cartografia, sensoriamento e geoprocessamento.** Lavras: UFLA; SBEA, 1998. p. 200-225.

CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore,** Viçosa, v 30, n 2, p 241–248, 2006.

CASAGRANDE, C.A. **Diagnóstico ambiental e análise temporal da Adequabilidade do uso e cobertura do solo na Bacia do Ribeirão dos Marins, Piracicaba – SP.** 2005. 153 p.

Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia: introdução.** São Paulo: HUCITEC; EDUSP, 1979. 106 p.

COLLARES, E.G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari –SP.** 2000. 194 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

CORREIA, M.L. A crise mundial da água e o papel da cooperação entre os países de língua oficial portuguesa na sua resolução. In: SIMPÓSIO DE HIDRAULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 6., 2003, Cabo Verde. **Anais eletrônicos...** Cabo Verde, 2003. p. 1-15. Disponível em: <www.aprh.pt>. Acesso em: 09 ago. 2006.

CRESTANA, S. Harmonia e respeito entre homens e natureza: uma questão de vida. A contribuição da agricultura. In: CASTELANO, E.G.; CHAUDHRY, F.H. (Ed.). **Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias.** São Carlos: USP, EESC, 2000. cap. 9, p. 169–180.

CRUZ, B.C. **Avaliação operacional da Revisão da Equação Universal de Perda de Solo (REUPS) para o Latossolo Vermelho distrófico típico de Ponta Grossa, PR.** 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

DALE, P.F.; McLAUGHLIN, J.D. Land information. In: _____. (Ed.) **Land information management: an introduction with special reference to cadastral problems in third world countries.** New York: Oxford University Press, 1988. chap. 1, p.1-18.

FAVERO, O.A.; NUCCI, J.; de BIASI, M. Vegetação natural potencial e mapeamento da vegetação e Usos atuais das terras da floresta nacional de Ipanema, Iperó/SP: conservação e gestão ambiental . **O Espaço Geográfico em Análise**, América do Sul, Curitiba, n. 8, p. 55-68, 2004.

FERREIRA, L. **Simulação hidrológica utilizando o modelo TOPMODEL em bacias rurais, estudo de caso na bacia do Ribeirão dos Marins – seção Monjolinho – SP.** 2004. 229 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

FERNÁNDEZ, G.A.V. **Análise da erosão do solo usando a EUPS, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 1996. 163 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1996.

FIORIO, P. R. ; DEMATTÊ, J. A. M ; SPAROVEK, G. Cronologia do uso da terra e seu impacto ambiental na microbacia hidrográfica do Córrego do Ceveiro, Piracicaba (SP).. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 671-679, 2000.

FLETCHER, J.J., PHIPPS, T.T. Data needs to assess environmental quality issues relate d to agriculture and rural areas. **American Journal of Agricultural Economics**, Milwaukee, v. 3, p. 926-32, 1991.

FUJIHARA, A.K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte ao geoprocessamento**. 2002. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GRIGG, N.S. **Water resource management: principles, regulations and cases**. New York: MacGraw–Hill, 1996. 540 p.

KOULI, M.; SOUPIOS, P.; VALLIANATOS, F. **Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece**. Berlin: Springer – Verlag, 2008.

MACHADO, R.E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. 2002. 154 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

_____. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 735-741, 2003.

MELO, G., BUENO, C.R.P., PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em área intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 315-322, 2006.

MORO, M. **A utilização da interface SWAT-SIG no estudo da produção de sedimentos e do volume de escoamento superficial com simulação de cenários alternativos**. 2005. 100 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

NEVES, F.F. **Análise prospectiva das áreas de risco a erosão na microbacia hidrográfica do Rio Bonito (Descalvado - SP), potencialmente poluidoras por dejetos de granjas**. 2005. 200 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Engenharia Ambiental) - Escola Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

NORMAN, C.; POTTER, C.; COOK, H. Using GIS to target agri-environmental policy. *In*: WORBOYS, M.F. (Ed.) **Innovations in GIS: selected papers from the First National Conference on GIS Research UK**. London: Taylor & Francis, 1994. chap. 18, p. 251-262.

OLIVEIRA, M.Z., VERONEZ, M.R., THUM, A.B., REINHARDT, A.O., BARETTA, L., VALLES, T.H.A., ZARDO, D., SILVEIRA, L.K. Delimitação de áreas de preservação permanente: um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica (SIG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4119-4128.

PINTO, S.A.F.; LOMBARDO, M. A. O uso de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas no mapeamento de uso da terra e erosão do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 21., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Cartografia, 2003. v. 1, p. 1-9

PRUSKI, F.F.; RODRIGUES, L.N.; SILVA, D.D. Modelo hidrológico para estimativa do escoamento superficial em áreas agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 301-307, 2001.

RANIERI, S.B.L. **Avaliação de métodos e escalas de trabalho para determinação de risco de erosão em bacias hidrográficas utilizando sistema de informações geográficas**. 1996. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

RIBEIRO, C.A.A.S., SOARES, V.P., OLIVEIRA, A.M.S., GLERIANI, J.M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005.

SANTOS, C.A.G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V.S. Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 92-96, 2000.

SARTORI, A. **Avaliação da classificação hidrológica do solo para a determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J. The role of corridor in conservation: what do we know and where do we go? In: SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J. (Ed.). **Nature conservation 2: the role corridors**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1991. p. 421-427.

SETZER, J.; PORTO, R. L. L. Tentativa de avaliação do escoamento superficial de acordo com o solo e seu recobrimento vegetal, nas condições do estado de São Paulo. **Boletim Técnico DAEE, São Paulo**, v. 2, n. 2, p. 81-104, 1979.

SILVA, A.M. Potencial natural de erosão no município de Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestrutura Civil**, v 8, n 1, p. 5-14, 2008.

SILVA, V.C. Estimativa da erosão atual da bacia do rio Paracatu (MG/MO/DF). 2004. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 147-159, 2004.

TIM, U.S.; JOLLY, R. Evaluating agricultural nonpoint-source using integrad geographic information systems and hidrology/water quality model. **Journal in Environmental Quality**, Madison, v. 23, p. 25-35, 1994.

VALERIANO, M.M. **Estimativa de varáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem de perda de solos**. 1999. Tese (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente) – Faculdade de Geociência e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 1999.

VETTORAZZI, C.A. **Sensoriamento remoto orbital**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural. 1992. 134 p. (Série Didática, 2).

VITTE, A.C. Mapeamento das unidades de paisagem nos Municípios de Sumaré e Valinhos, Região Metropolitana de Campinas (SP), por meio da morfometria de Bacias de Drenagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005. p. 349-365.

WEILL, M.A M. **Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP), através do índice de tempo de vida**. 1999. 100 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

WEILL, M.A.M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). I. Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 801-814, 2008.

WILLIAMS, J.R. The EPIC model. In: SINGH, V.P. (Ed.). **Computer models of watershed hydrology**. Littleton: Water Resources Publ., 1995. p. 909-1000.

ZACHAR, D. **Soil erosion: developments in soil science**. New York: Elsevier Scientific, 1982. 547 p.

ANEXOS

Tabela 10 - Quantificação do aporte de sedimentos produzido em cada propriedade rural quanto ao uso e cobertura do solo em cada cenário

(continua)

Polígono	Área (ha)	Perda de solo				
		Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Mg						
1	61,85	12,17	8,11	7,52	7,22	7,22
2	44,55	20,10	18,54	18,04	17,75	15,90
3	5,79	3,30	2,17	2,17	2,13	1,33
4	52,01	37,61	34,61	25,54	24,79	20,38
5	21,83	18,09	15,57	15,50	15,36	14,04
6	7,13	3,41	3,11	2,59	2,56	2,38
7	4,54	1,55	1,55	1,55	1,52	1,55
8	10,15	0,94	0,81	0,81	0,76	0,70
9	15,92	11,59	8,53	8,53	8,48	4,76
10	7,83	7,21	5,00	5,00	4,88	1,74
11	55,51	67,14	48,51	44,35	44,07	30,97
12	12,87	3,42	2,35	2,35	2,31	2,35
13	32,80	11,91	11,76	11,76	9,76	7,61
14	42,46	16,58	13,25	13,25	11,75	7,88
15	12,23	4,13	4,13	4,13	4,13	2,70
16	8,55	3,95	3,77	3,77	3,77	2,32
17	25,51	7,67	6,45	6,45	6,45	6,45
18	10,06	3,61	2,67	2,67	2,67	2,09
19	16,80	3,52	2,80	2,80	2,80	2,34
20	10,11	9,84	9,88	9,88	9,30	9,27
21	28,65	21,13	17,05	17,05	14,12	11,87
22	27,08	23,14	22,31	20,97	14,25	11,57
23	32,06	25,03	20,52	20,52	17,54	17,49
24	69,35	39,06	35,73	29,29	29,29	19,86
25	14,98	4,24	3,36	3,36	3,31	3,33
26	15,38	4,45	3,72	3,72	3,72	3,72
27	13,59	10,70	8,65	8,65	8,57	8,67
28	4,41	1,90	1,77	1,77	1,75	1,77
29	7,03	3,14	2,11	2,11	2,10	2,11
30	11,41	3,18	3,08	3,08	3,08	2,28
31	38,27	12,80	11,02	11,02	10,65	4,96
32	22,02	21,39	19,91	18,89	16,17	16,21
33	12,36	3,01	3,03	3,03	2,99	1,54
34	9,48	3,00	2,53	2,53	2,53	2,52
35	12,63	3,86	3,36	3,36	3,36	2,37
36	9,39	2,09	2,01	2,01	2,00	1,86
37	10,53	2,41	2,34	2,34	2,33	2,34
38	24,75	25,58	23,44	22,93	22,69	22,93
39	61,04	49,52	37,21	31,25	30,96	23,54
40	52,46	70,42	60,01	42,47	42,55	33,99
41	26,34	36,36	29,88	29,88	29,87	29,54
42	65,25	31,74	25,80	16,82	16,71	12,64
43	34,97	29,32	26,75	26,36	26,41	14,16

Tabela 10 - Quantificação do aporte de sedimentos produzido em cada propriedade rural quanto ao uso e cobertura do solo em cada cenário (continuação)

Polígono	Área (ha)	Perda de solo				
		Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Mg						
44	66,24	50,66	44,73	34,55	34,23	26,39
45	50,26	15,76	15,45	15,45	14,00	12,95
46	6,97	3,96	3,90	3,90	3,89	3,90
47	29,69	11,21	10,07	10,07	10,02	6,17
48	36,01	20,62	16,13	15,96	15,90	13,13
49	15,66	10,42	10,00	10,00	9,92	3,48
50	17,78	12,91	10,81	10,81	10,78	8,11
51	27,72	17,25	15,30	15,30	15,25	8,87
52	18,79	10,49	9,53	9,53	9,56	6,88
53	18,22	8,45	6,91	6,91	6,89	3,15
54	13,85	7,71	5,65	5,65	5,57	5,41
55	3,26	2,09	1,36	1,36	1,32	1,36
56	34,08	19,74	16,20	16,20	16,01	12,43
57	9,60	1,67	1,52	1,47	1,47	0,61
58	26,42	14,16	10,91	10,91	10,91	5,75
59	61,56	35,75	33,19	26,40	26,20	21,37
60	8,95	5,83	5,50	5,50	5,47	2,62
61	7,34	5,63	5,58	5,58	5,55	5,58
62	23,99	18,50	11,31	11,31	11,88	9,09
63	15,10	11,45	8,59	8,59	8,50	8,59
64	1,92	4,96	0,27	0,27	0,44	0,27
65	19,81	14,64	14,45	14,45	14,42	11,06
66	107,95	51,99	45,59	38,17	37,98	31,09
67	19,72	6,53	5,52	5,52	5,52	4,10
68	6,01	0,49	0,48	0,48	0,49	0,48
69	16,04	22,66	13,47	13,47	13,29	13,47
70	13,09	6,66	3,18	3,18	3,20	1,19
71	13,50	5,29	4,43	4,43	3,91	2,50
72	34,26	7,67	7,51	7,51	5,91	4,93
73	26,06	3,71	3,17	3,17	2,29	2,25
74	12,74	6,48	6,50	6,50	6,48	4,81
75	93,80	89,44	63,18	52,98	52,37	43,67
76	23,72	7,55	5,27	5,27	5,20	3,34
77	14,75	21,68	7,92	7,92	8,33	3,64
78	13,37	7,42	6,25	6,25	6,23	6,18
79	7,21	4,27	3,21	3,21	3,18	3,21
80	8,82	4,15	3,09	3,09	3,08	3,09
81	5,66	2,16	1,44	1,44	1,42	1,45
82	0,60	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
83	9,97	4,91	2,93	2,93	2,87	2,93
84	9,93	3,88	2,83	2,83	2,55	2,83
85	19,51	18,51	11,09	11,10	11,06	11,09
86	5,38	5,92	4,35	4,35	4,26	4,34

Tabela 10 - Quantificação do aporte de sedimentos produzido em cada propriedade rural quanto ao uso e cobertura do solo em cada cenário (conclusão)

Polígono	Área (ha)	Perda de solo				
		Uso Atual	Simulaçã 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Mg						
87	10,59	12,76	8,89	8,90	8,80	8,89
88	5,63	18,75	3,53	3,53	4,25	3,53
89	1,77	3,08	0,82	0,82	0,63	0,82
90	17,98	8,14	6,00	6,00	6,13	6,00
91	8,53	12,45	8,33	8,32	8,26	7,02
92	26,02	11,03	6,99	6,99	6,91	6,41
93	8,85	4,50	2,79	2,79	2,74	1,97
Soma	2116,54	1331,53	1065,64	973,71	945,30	758,01

Tabela 11 - Variação nas relações CP/PE e PE-CP

(continua)

Propr,	Uso atual		Simulação 1		Simulação 2		Simulação 3		Simulação 4	
	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP
1	0,19	631,27	0,23	385,66	0,22	382,59	0,22	357,65	0,22	364,98
2	0,37	537,09	0,43	396,08	0,43	394,66	0,43	392,79	0,42	357,73
3	0,08	378,71	0,09	253,62	0,09	253,62	0,09	254,16	0,09	173,58
4	0,34	818,31	0,36	727,51	0,32	673,13	0,31	670,89	0,29	594,94
5	0,30	549,15	0,32	427,56	0,33	422,11	0,32	422,93	0,31	401,21
6	0,22	158,94	0,24	128,33	0,22	125,48	0,22	126,87	0,24	104,93
7	1,34	-9,51	1,33	-9,47	1,33	-9,47	1,33	-9,28	1,33	-9,47
8	0,54	16,15	0,46	20,71	0,46	20,70	0,43	21,99	0,44	21,54
9	1,00	-0,92	1,01	-1,27	1,01	-1,27	1,00	0,69	0,95	5,06
10	0,63	54,75	0,69	35,35	0,69	35,35	0,68	36,20	0,55	28,16
11	0,55	726,67	0,57	514,22	0,57	457,05	0,56	473,50	0,54	394,90
12	0,08	396,13	0,08	279,81	0,08	279,83	0,08	281,20	0,08	279,82
13	0,58	147,16	0,61	131,89	0,61	131,89	0,67	87,49	0,66	65,30
14	0,27	752,53	0,38	400,89	0,38	400,89	0,48	249,96	0,34	274,47
15	0,67	44,26	0,67	44,53	0,67	44,53	0,67	44,72	0,59	40,32
16	1,19	-14,28	1,20	-13,84	1,20	-13,84	1,20	-13,70	1,09	-4,35
17	0,10	843,46	0,10	717,81	0,10	717,81	0,10	720,67	0,10	717,81
18	0,39	116,18	0,36	98,08	0,36	98,08	0,36	99,72	0,49	44,86
19	0,11	384,36	0,12	303,10	0,12	303,10	0,12	302,73	0,11	267,54
20	0,75	47,75	0,75	47,74	0,75	47,74	0,73	48,04	0,74	47,23
21	0,93	28,10	1,04	-11,78	1,04	-11,78	0,99	3,95	0,95	11,83
22	0,83	73,23	0,85	64,66	0,87	52,74	0,88	34,03	0,77	57,41
23	0,10	1932,89	0,11	1547,48	0,11	1547,33	0,11	1306,46	0,11	1295,90
24	0,19	2292,21	0,20	1949,67	0,26	1291,09	0,26	1288,11	0,26	937,57
25	1,92	-72,09	1,85	-54,78	1,85	-54,78	1,83	-53,48	1,84	-54,42
26	1,15	-19,34	1,45	-40,65	1,45	-40,65	1,41	-38,43	1,45	-40,65
27	0,77	59,17	0,83	33,07	0,83	33,07	0,83	32,93	0,83	33,07
28	1,48	-18,22	1,64	-21,48	1,64	-21,48	1,66	-21,86	1,64	-21,48
29	0,86	13,22	1,04	-2,75	1,04	-2,75	1,05	-3,65	1,04	-2,75
30	1,93	-54,79	1,91	-52,58	1,91	-52,58	1,91	-52,40	1,83	-36,94
31	0,67	125,77	0,80	57,86	0,80	57,86	0,83	45,01	0,86	23,64
32	0,44	341,83	0,47	278,62	0,46	276,36	0,51	197,66	0,51	198,98
33	0,06	335,19	0,06	334,79	0,06	334,79	0,06	331,49	0,05	191,74
34	1,85	-49,30	1,80	-40,27	1,80	-40,28	1,80	-40,08	1,88	-41,89
35	1,72	-57,73	1,75	-51,63	1,75	-51,63	1,75	-51,26	1,73	-35,58
36	0,06	247,63	0,06	236,71	0,06	236,71	0,05	237,19	0,05	222,82
37	0,06	280,65	0,06	274,72	0,06	274,72	0,06	272,75	0,06	274,69
38	0,55	251,76	0,57	216,86	0,56	217,54	0,56	216,10	0,56	217,54
39	0,06	5462,00	0,06	4347,30	0,06	3717,71	0,06	3705,63	0,06	2908,83
40	0,33	1661,04	0,38	1206,17	0,38	890,50	0,38	912,40	0,39	707,72
41	0,28	918,38	0,33	619,16	0,33	619,12	0,32	635,60	0,33	616,21
42	0,13	2571,87	0,14	1985,79	0,16	1398,35	0,16	1396,20	0,18	983,08
43	0,18	1519,40	0,20	1258,01	0,19	1254,66	0,19	1256,23	0,22	610,79
44	0,18	2468,42	0,21	1897,56	0,17	1762,74	0,17	1757,23	0,19	1188,05

Tabela 11 - Variação nas relações CP/PE PE-CP

(continuação)

Propr,	Uso atual		Simulação 1		Simulação 2		Simulação 3		Simulação 4	
	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP
45	0,91	38,28	0,92	33,95	0,92	33,95	1,20	-60,71	1,21	-60,40
46	0,66	27,77	0,71	22,13	0,71	22,13	0,70	22,80	0,71	22,13
47	0,48	244,47	0,54	179,30	0,54	179,31	0,54	179,29	0,40	188,87
48	0,63	208,14	0,58	205,67	0,57	205,26	0,57	206,45	0,55	186,96
49	1,04	-8,99	1,09	-18,83	1,09	-18,83	1,09	-17,87	0,83	15,58
50	1,05	-13,34	1,15	-32,97	1,15	-32,97	1,14	-30,48	1,07	-12,55
51	1,02	-6,61	1,15	-47,80	1,15	-47,84	1,15	-46,50	1,03	-5,97
52	0,78	66,42	0,79	55,90	0,79	55,89	0,79	57,05	0,73	56,23
53	0,78	54,49	0,79	42,49	0,79	42,50	0,78	45,84	0,51	70,32
54	0,65	96,62	0,62	82,28	0,62	82,29	0,61	84,39	0,61	83,15
55	1,33	-12,79	1,24	-6,44	1,24	-6,44	1,23	-5,95	1,24	-6,44
56	1,29	-106,23	1,25	-78,59	1,25	-78,60	1,24	-75,70	1,19	-46,97
57	0,20	160,22	0,20	148,98	0,20	144,96	0,20	145,02	0,18	70,72
58	1,00	0,52	0,96	11,05	0,96	11,05	0,95	13,67	0,72	55,14
59	1,12	-86,87	1,18	-113,95	1,14	-72,19	1,13	-68,10	1,08	-37,32
60	1,14	-15,60	1,13	-13,83	1,13	-13,83	1,13	-13,12	1,00	-0,25
61	1,21	-21,87	1,21	-21,60	1,21	-21,60	1,21	-21,43	1,21	-21,60
62	1,75	-193,55	1,25	-55,25	1,25	-55,25	1,25	-58,17	1,19	-36,05
63	1,47	-89,78	1,26	-42,21	1,26	-42,22	1,25	-41,19	1,26	-42,21
64	4,73	-115,71	0,26	17,45	0,26	17,45	0,35	16,90	0,26	17,45
65	0,91	26,11	0,92	22,64	0,92	22,64	0,92	23,65	0,88	28,81
66	0,98	23,84	1,10	-92,57	1,10	-77,71	1,09	-72,28	1,02	-16,53
67	0,96	8,08	1,00	-0,35	1,00	-0,34	1,00	-0,50	0,82	25,27
68	0,27	35,04	0,27	33,56	0,27	33,56	0,28	33,68	0,27	33,56
69	0,59	168,23	0,62	101,79	0,62	101,79	0,61	105,51	0,62	101,79
70	0,59	82,30	0,71	37,34	0,71	37,33	0,70	39,51	0,36	51,11
71	1,80	-83,05	1,82	-70,78	1,82	-70,78	1,81	-61,80	1,64	-34,46
72	1,02	-5,75	1,08	-18,80	1,08	-18,80	1,23	-39,91	1,15	-22,96
73	0,42	185,41	0,44	141,69	0,44	141,73	0,52	74,10	0,53	71,95
74	1,26	-33,52	1,27	-35,11	1,27	-35,11	1,27	-34,80	1,31	-31,74
75	0,25	2966,49	0,28	2007,23	0,29	1648,56	0,29	1655,77	0,29	1417,31
76	0,21	489,21	0,21	363,41	0,21	363,38	0,21	362,08	0,26	188,64
77	0,67	175,05	0,38	171,69	0,38	171,69	0,40	172,26	0,33	104,87
78	0,54	143,32	0,56	111,55	0,56	111,56	0,56	110,74	0,57	106,23
79	0,73	34,72	0,94	4,78	0,94	4,78	0,95	4,15	0,94	4,78
80	0,43	122,06	0,49	71,55	0,49	71,54	0,49	71,70	0,49	71,55
81	0,33	95,64	0,39	48,97	0,39	48,97	0,39	48,63	0,39	48,97
82	1,24	-1,46	1,24	-1,46	1,24	-1,46	1,24	-1,46	1,24	-1,46
83	0,39	171,51	0,35	122,39	0,35	122,39	0,34	124,72	0,35	122,39
84	0,29	206,62	0,24	172,68	0,24	172,70	0,24	178,74	0,24	172,70
85	0,68	192,51	0,58	178,57	0,58	178,56	0,57	181,31	0,58	178,57
86	0,99	1,20	0,99	1,25	0,99	1,25	0,98	1,48	0,99	1,25
87	0,88	38,22	0,93	15,02	0,93	15,02	0,91	19,22	0,93	15,01
88	3,75	-314,76	1,05	-3,28	1,05	-3,28	1,05	-4,10	1,05	-3,27

Tabela 11 - Variação nas relações CP/PE e PE-CP

(conclusão)

Propr,	Uso atual		Simulação 1		Simulação 2		Simulação 3		Simulação 4	
	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP	CP/PNE	PE-CP
89	2,28	-38,28	0,48	13,59	0,48	13,59	0,30	18,66	0,48	13,59
90	0,59	124,56	0,60	88,52	0,60	88,50	0,60	90,21	0,60	88,50
91	0,67	76,35	0,70	50,19	0,70	50,19	0,70	50,08	0,66	50,61
92	0,40	283,07	0,43	193,64	0,43	193,64	0,43	195,52	0,47	146,55
93	0,13	412,07	0,15	249,28	0,15	249,28	0,15	246,80	0,18	161,57

Tabela 12 - Vazão de pico proporcionada por cada propriedade agrícola (continua)

Propriedade	Área	Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
		m ³ /s				
1	61,85	549,33	412,67	400,50	376,94	381,20
2	44,55	592,87	533,46	522,23	520,49	475,48
3	5,79	164,28	118,39	118,39	117,96	76,67
4	52,01	501,19	473,56	388,77	387,27	329,02
5	21,83	474,98	400,04	398,72	399,00	376,44
6	7,13	114,25	97,89	90,99	90,79	83,59
7	4,54	67,01	67,08	67,08	66,68	67,08
8	10,15	53,48	55,30	55,30	54,41	54,87
9	15,92	253,95	219,49	219,49	221,15	158,46
10	7,83	104,67	97,93	97,93	98,06	57,62
11	55,51	985,64	804,91	725,66	742,92	587,46
12	12,87	335,25	212,26	212,26	211,50	212,26
13	32,80	686,37	646,38	640,87	504,73	380,19
14	42,46	1070,13	811,22	811,22	656,67	546,41
15	12,23	244,42	243,50	243,50	243,56	167,04
16	8,55	152,14	147,48	147,48	147,68	104,25
17	25,51	756,01	659,00	659,00	658,92	659,00
18	10,06	199,10	164,97	164,97	165,21	116,12
19	16,80	504,50	386,21	386,21	386,99	323,02
20	10,11	177,27	177,77	177,77	164,83	163,85
21	28,65	493,40	463,43	463,43	404,03	316,58
22	27,08	433,47	427,41	419,00	364,80	277,23
23	32,06	886,68	713,93	712,24	506,51	503,74
24	69,35	1594,01	1343,56	1050,62	1049,95	805,94
25	14,98	233,23	192,17	192,17	190,90	190,90
26	15,38	275,37	235,21	235,21	237,23	235,21
27	13,59	238,48	181,93	181,93	181,80	181,93
28	4,41	78,64	74,29	74,29	73,68	74,29
29	7,03	136,95	123,84	123,84	122,93	123,84
30	11,41	194,77	189,10	189,10	189,06	148,76
31	38,27	749,06	577,07	577,07	488,48	373,25
32	22,02	477,11	394,90	386,20	270,83	271,40
33	12,36	278,12	240,30	240,30	237,73	156,63
34	9,48	173,49	145,78	145,78	145,69	136,16
35	12,63	264,30	215,76	215,76	215,50	169,87
36	9,39	175,34	158,07	158,07	158,99	150,57
37	10,53	234,72	195,54	195,54	193,60	195,52
38	24,75	401,95	346,75	339,66	337,48	339,66
39	61,04	1733,54	1364,35	1111,88	1099,28	806,75
40	52,46	1081,24	921,55	745,30	749,76	633,63
41	26,34	569,06	405,99	405,99	406,54	404,43
42	65,25	1516,42	1326,63	1090,93	1086,02	853,13
43	34,97	887,40	737,93	733,90	734,63	417,23
44	66,24	1611,63	1320,24	1059,83	1058,06	797,19

Tabela 12 - Vazão de pico proporcionada por cada propriedade agrícola (continuação)

Propriedade	Área	Uso Atual	Simulação 1	m ³ /s			
				Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4	
45	50,26	666,18	655,41	655,41	495,31	474,52	
46	6,97	113,44	106,96	106,96	107,16	106,96	
47	29,69	662,30	461,39	461,39	460,15	384,66	
48	36,01	747,35	621,65	619,06	617,56	508,33	
49	15,66	259,16	227,40	227,40	226,75	120,75	
50	17,78	350,33	259,99	259,99	262,26	198,89	
51	27,72	558,52	399,33	399,33	397,45	256,60	
52	18,79	432,41	363,89	363,89	365,42	268,52	
53	18,22	354,69	286,93	286,93	289,56	206,19	
54	13,85	306,24	217,10	217,10	214,93	212,57	
55	3,26	56,27	38,06	38,06	37,18	38,06	
56	34,08	547,75	449,53	449,53	445,64	371,50	
57	9,60	287,46	231,92	224,64	225,02	113,29	
58	26,42	531,42	410,29	410,29	414,13	273,14	
59	61,56	1074,92	916,94	741,33	741,04	642,06	
60	8,95	150,23	145,90	145,90	146,19	102,47	
61	7,34	115,56	112,94	112,94	112,20	112,94	
62	23,99	422,66	344,93	344,93	368,75	281,61	
63	15,10	286,50	218,52	218,52	219,77	218,52	
64	1,92	74,54	56,94	56,94	83,46	56,94	
65	19,81	336,93	315,60	315,60	314,90	251,78	
66	107,95	2125,13	1717,58	1360,09	1361,54	1117,31	
67	19,72	439,06	310,50	310,50	310,30	254,27	
68	6,01	174,19	166,69	166,69	166,60	166,69	
69	16,04	286,52	208,05	208,05	207,90	208,05	
70	13,09	302,26	257,53	257,53	257,64	151,15	
71	13,50	252,42	197,82	197,82	182,54	144,41	
72	34,26	718,07	670,08	670,08	545,04	468,68	
73	26,06	738,36	600,75	600,75	456,47	452,93	
74	12,74	255,99	254,73	254,73	255,32	230,95	
75	93,80	2154,00	1607,33	1333,38	1331,58	1159,47	
76	23,72	647,73	515,63	515,63	512,60	287,63	
77	14,75	333,59	196,80	196,80	210,02	106,96	
78	13,37	290,07	236,87	236,87	236,20	230,93	
79	7,21	126,47	75,11	75,11	73,63	75,11	
80	8,82	203,72	129,62	129,62	129,09	129,62	
81	5,66	133,44	72,43	72,43	71,43	72,43	
82	0,60	9,78	9,77	9,77	9,63	9,77	
83	9,97	236,13	158,12	158,12	158,34	158,12	
84	9,93	220,64	166,49	166,49	172,39	166,49	
85	19,51	431,30	291,77	291,77	302,06	291,77	
86	5,38	93,95	75,91	75,91	75,25	75,91	
87	10,59	194,11	138,13	138,13	137,93	138,13	
88	5,63	131,91	80,04	80,41	142,17	80,41	

Tabela 12 - Vazão de pico proporcionada por cada propriedade agrícola

Propriedade	Área	(conclusão)				
		Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
		m ³ /s				
89	1,77	47,17	41,71	41,71	42,94	41,71
90	17,98	431,55	298,42	298,42	304,28	298,42
91	8,53	140,80	121,07	121,07	121,09	102,80
92	26,02	676,51	556,53	556,53	556,07	447,90
93	8,85	200,07	141,63	141,63	141,31	115,23
Soma	2116,54	43035,02	35163,99	32898,54	31735,42	26267,43

Tabela 13 - Lâmina de água acumulada na superfície do solo em cada propriedade (continua)

Propriedade	Área ha	Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2			
				Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4	Simulação 4
				m ³			
1	61,85	776,80	652,83	639,74	627,98	648,93	
2	44,55	898,41	834,22	820,75	819,06	766,62	
3	5,79	210,81	160,56	160,56	160,00	114,64	
4	52,01	854,72	823,61	721,97	720,26	652,68	
5	21,83	656,20	572,76	571,28	571,61	545,44	
6	7,13	167,25	149,32	141,06	140,82	132,93	
7	4,54	102,25	102,42	102,42	101,94	102,42	
8	10,15	88,16	94,54	94,54	93,54	99,28	
9	15,92	379,46	338,02	338,02	340,29	265,16	
10	7,83	165,14	157,12	157,12	157,27	108,79	
11	55,51	1439,96	1235,13	1156,42	1168,94	991,43	
12	12,87	435,95	300,90	300,90	300,01	300,90	
13	32,80	964,67	920,72	914,10	758,57	615,06	
14	42,46	1425,28	1140,79	1140,79	971,27	838,87	
15	12,23	344,51	343,50	343,50	343,64	255,17	
16	8,55	225,67	220,13	220,13	220,37	168,27	
17	25,51	965,11	858,37	858,37	858,42	858,37	
18	10,06	276,12	237,77	237,77	238,15	184,08	
19	16,80	642,59	512,79	512,79	513,59	443,20	
20	10,11	262,97	263,58	263,58	247,87	246,92	
21	28,65	735,37	699,92	699,92	628,66	523,96	
22	27,08	656,85	649,71	639,70	574,70	469,69	
23	32,06	1150,34	960,26	958,34	731,80	728,67	
24	69,35	2147,99	1872,61	1550,54	1549,74	1273,25	
25	14,98	355,69	306,44	306,44	304,91	304,91	
26	15,38	403,38	357,01	357,01	359,33	357,01	
27	13,59	349,33	284,58	284,58	284,39	284,58	
28	4,41	116,34	111,35	111,35	110,65	111,35	
29	7,03	194,20	178,78	178,78	177,77	178,78	
30	11,41	291,18	284,36	284,36	284,33	236,14	
31	38,27	1053,45	862,36	862,36	764,36	627,07	
32	22,02	659,51	567,62	557,18	427,85	428,67	
33	12,36	370,83	329,35	329,35	326,58	237,11	
34	9,48	255,53	223,21	223,21	223,17	212,63	
35	12,63	385,01	329,53	329,53	329,37	275,82	
36	9,39	242,06	223,14	223,14	224,16	214,85	
37	10,53	314,19	271,13	271,13	268,99	271,11	
38	24,75	599,75	536,77	528,25	525,71	528,25	
39	61,04	2226,06	1819,98	1542,59	1528,73	1207,34	
40	52,46	1527,66	1347,66	1142,97	1147,88	1011,86	
41	26,34	791,67	607,63	607,62	608,20	605,76	
42	65,25	2024,92	1816,60	1553,48	1548,21	1292,05	
43	34,97	1179,89	1015,34	1010,67	1011,49	653,40	
44	66,24	2179,84	1859,23	1559,59	1557,75	1266,17	

Tabela 13 - Lâmina de água acumulada na superfície do solo em cada propriedade
(continuação)

Propriedade	Área	Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2			Simulação 4
				Simulação 3	m ³		
45	50,26	1010,60	998,74	998,74	822,10	797,86	
46	6,97	170,45	163,22	163,22	163,38	163,22	
47	29,69	900,95	678,84	678,84	677,67	588,89	
48	36,01	1045,03	899,45	896,33	894,73	769,54	
49	15,66	386,43	350,63	350,63	349,95	223,45	
50	17,78	502,74	400,64	400,64	403,20	327,61	
51	27,72	793,18	615,77	615,77	613,70	446,13	
52	18,79	591,60	514,42	514,42	516,06	404,16	
53	18,22	504,26	426,75	426,75	429,57	330,01	
54	13,85	420,77	320,86	320,86	318,17	315,51	
55	3,26	84,05	62,36	62,36	61,09	62,36	
56	34,08	830,32	713,63	713,63	708,60	620,19	
57	9,60	366,45	305,34	297,36	297,81	174,96	
58	26,42	757,30	617,22	617,22	621,67	453,08	
59	61,56	1589,22	1409,67	1200,10	1199,52	1081,45	
60	8,95	225,53	220,34	220,34	220,68	168,26	
61	7,34	175,75	172,67	172,67	171,79	172,67	
62	23,99	615,56	533,73	533,73	540,23	457,77	
63	15,10	417,97	342,02	342,02	341,98	342,02	
64	1,92	81,30	81,72	81,72	90,06	81,72	
65	19,81	498,70	474,98	474,98	474,23	398,46	
66	107,95	3058,37	2599,47	2183,05	2184,23	1892,21	
67	19,72	607,73	462,78	462,78	462,51	395,93	
68	6,01	227,55	219,33	219,33	219,24	219,33	
69	16,04	424,89	330,68	330,68	330,52	330,68	
70	13,09	414,37	363,41	363,41	363,30	238,59	
71	13,50	369,22	306,43	306,43	288,39	242,61	
72	34,26	1010,83	958,07	958,07	815,94	725,54	
73	26,06	971,73	820,45	820,45	661,63	658,00	
74	12,74	387,13	385,69	385,69	386,43	357,18	
75	93,80	2954,83	2339,11	2027,05	2024,70	1828,05	
76	23,72	843,77	698,30	698,30	694,94	447,53	
77	14,75	438,11	306,39	306,39	310,21	202,42	
78	13,37	401,15	340,76	340,76	340,08	334,24	
79	7,21	183,82	125,64	125,64	123,97	125,64	
80	8,82	274,94	192,55	192,55	191,96	192,55	
81	5,66	177,93	110,75	110,75	109,64	110,75	
82	0,60	14,73	14,73	14,73	14,55	14,73	
83	9,97	316,32	229,51	229,51	229,69	229,51	
84	9,93	297,22	236,78	236,78	238,55	236,78	
85	19,51	590,22	440,86	440,86	443,31	440,86	
86	5,38	139,70	118,66	118,66	117,91	118,66	
87	10,59	282,63	218,97	218,97	218,27	218,97	
88	5,63	161,08	142,50	144,00	164,02	144,00	
89	1,77	58,41	57,20	57,20	56,94	57,20	

Tabela 13 - Lâmina de água acumulada na superfície do solo em cada propriedade
(conclusão)

Propriedade	Área	Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
				m ³		
90	17,98	584,12	436,80	436,80	439,16	436,80
91	8,53	212,10	188,36	188,36	188,46	166,45
92	26,02	895,57	761,43	761,43	760,92	642,10
93	8,85	267,58	203,26	203,26	202,88	174,26
Soma	2116,54	60027,3665	51345,5270	48772,1136	47350,8634	41200,5104

Tabela 14 - Percentagem ocupada por mata em cada propriedade rural

(continua)

Propriedade	Área (ha)	Mata									
		a	%	b	%	c	%	d	%	e	%
1	61,85	1,21	1,95	13,38	21,63	14,33	23,16	18,80	30,39	23,27	37,62
2	45,28	6,51	14,38	12,08	26,67	12,78	28,22	12,80	28,27	15,23	33,65
3	5,79	0,01	0,12	1,99	34,37	1,99	34,37	1,99	34,37	3,48	60,06
4	52,01	22,46	43,18	30,59	58,82	35,88	68,99	35,88	68,99	38,95	74,90
5	21,83	3,75	17,19	4,16	19,06	4,21	19,30	4,21	19,30	5,37	24,58
6	7,13	1,50	21,10	2,98	41,77	3,40	47,76	3,40	47,76	3,66	51,40
7	4,55	4,55	99,99	0,04	0,93	0,04	0,93	0,04	0,93	0,04	0,93
8	10,44	2,19	21,01	1,15	11,04	1,15	11,04	1,15	11,04	2,62	25,13
9	16,38	1,87	11,41	2,13	13,01	2,13	13,01	2,13	13,01	6,04	36,88
10	7,83	0,79	10,12	2,61	33,34	2,61	33,34	2,61	33,34	5,13	65,55
11	55,72	4,94	8,86	15,61	28,02	23,08	41,42	23,08	41,42	31,60	56,71
12	12,87	1,20	9,36	6,24	48,50	6,24	48,50	6,24	48,50	6,24	48,50
13	32,80	0,62	1,90	1,86	5,68	2,21	6,73	8,53	26,01	14,80	45,11
14	42,46	0,83	1,97	9,56	22,52	9,56	22,52	14,95	35,21	21,84	51,45
15	12,23	0,00	0,03	1,30	10,66	1,30	10,66	1,30	10,66	5,17	42,25
16	8,55	0,00	0,00	0,35	4,06	0,35	4,06	0,35	4,06	3,05	35,65
17	25,51	2,91	11,41	3,94	15,43	3,94	15,43	3,94	15,43	3,94	15,43
18	10,06	0,02	0,20	3,93	39,06	3,93	39,06	3,93	39,06	5,65	56,18
19	16,80	3,76	22,37	4,28	25,45	4,28	25,45	4,28	25,45	6,54	38,95
20	10,11	0,00	0,00	0,41	4,07	0,41	4,07	1,27	12,60	1,27	12,60
21	28,65	3,31	11,55	3,31	11,55	3,31	11,55	7,00	24,44	12,44	43,41
22	27,08	4,35	16,05	3,56	13,16	4,07	15,01	7,44	27,48	12,91	47,68
23	32,06	1,98	6,19	7,06	22,03	7,13	22,23	14,61	45,58	14,61	45,58
24	69,35	8,61	12,41	17,98	25,93	28,33	40,84	28,34	40,86	39,21	56,53
25	14,98	1,85	12,36	4,71	31,42	4,71	31,42	4,79	31,95	4,79	31,95
26	15,38	1,55	10,06	3,30	21,44	3,30	21,44	3,30	21,44	3,30	21,44
27	13,59	0,39	2,89	4,47	32,90	4,47	32,90	4,47	32,90	4,47	32,90
28	4,41	0,79	18,01	0,30	6,89	0,30	6,89	0,30	6,89	0,30	6,89
29	7,03	0,14	2,05	1,56	22,17	1,56	22,17	1,56	22,17	1,56	22,17
30	11,41	0,26	2,28	0,98	8,62	0,98	8,62	0,98	8,62	3,46	30,35
31	38,27	3,87	10,11	13,10	34,22	13,10	34,22	16,53	43,18	23,34	60,98
32	22,02	6,31	28,66	4,70	21,32	5,23	23,76	9,91	45,01	9,91	45,01
33	12,36	0,25	2,00	4,63	37,45	4,63	37,45	4,67	37,80	7,65	61,86
34	9,73	0,20	2,10	2,01	20,61	2,01	20,61	2,01	20,61	2,35	24,12
35	14,29	0,25	1,77	2,90	20,28	2,90	20,28	2,90	20,28	5,41	37,86
36	9,39	1,72	18,33	4,43	47,13	4,43	47,13	4,43	47,13	4,70	50,08
37	10,72	2,01	18,75	4,55	42,46	4,55	42,46	4,55	42,46	4,55	42,46
38	24,75	0,00	0,00	7,19	29,06	7,64	30,85	7,64	30,85	7,64	30,85
39	61,04	2,54	4,16	17,03	27,90	25,89	42,42	26,19	42,91	36,61	59,97
40	52,56	0,82	1,56	7,58	14,42	16,77	31,90	16,77	31,90	22,99	43,75
41	26,34	0,00	0,00	7,50	28,47	7,50	28,47	7,50	28,47	7,60	28,84
42	65,93	5,30	8,04	12,99	19,70	22,38	33,94	22,38	33,94	30,79	46,69
43	34,97	2,46	7,03	5,68	16,23	5,89	16,84	5,89	16,84	19,54	55,88
44	69,77	9,91	14,20	16,49	23,63	29,86	42,80	29,86	42,80	40,39	57,90
45	51,21	3,19	6,22	1,41	2,75	1,41	2,75	7,25	14,15	8,42	16,44

a – uso atual; b – simulação 1; c – simulação 2; d – simulação 3; e – simulação 4.

Tabela 14 - Percentagem ocupada por mata em cada propriedade rural

(continuação)

Propriedade	Área (ha)	Mata									
		a	%	b	%	c	%	d	%	e	%
46	6,97	1,31	18,75	1,20	17,25	1,20	17,25	1,20	17,25	1,20	17,25
47	29,69	3,30	11,12	11,10	37,39	11,10	37,39	11,10	37,39	15,33	51,64
48	36,01	4,10	11,38	9,11	25,29	9,27	25,74	9,27	25,74	14,56	40,44
49	15,66	2,70	17,22	3,66	23,37	3,66	23,37	3,66	23,37	10,13	64,68
50	17,78	1,12	6,31	3,94	22,17	3,94	22,17	3,94	22,17	7,69	43,27
51	27,80	0,98	3,53	7,17	25,80	7,17	25,80	7,17	25,80	15,67	56,37
52	18,79	1,10	5,86	2,92	15,55	2,92	15,55	2,92	15,55	7,76	41,30
53	18,30	1,33	7,28	5,42	29,63	5,42	29,63	5,42	29,63	10,45	57,06
54	14,07	0,31	2,19	5,46	38,80	5,46	38,80	5,46	38,80	5,73	40,69
55	3,27	0,01	0,18	1,30	39,82	1,30	39,82	1,30	39,82	1,30	39,82
56	34,50	3,12	9,05	10,64	30,84	10,64	30,84	10,64	30,84	15,49	44,88
57	9,60	0,92	9,59	2,06	21,45	2,32	24,11	2,32	24,11	6,24	65,01
58	26,87	0,08	0,30	7,33	27,28	7,33	27,28	7,33	27,28	15,81	58,83
59	61,56	5,27	8,56	11,97	19,44	22,64	36,78	22,64	36,78	28,73	46,68
60	8,95	0,23	2,59	0,87	9,67	0,87	9,67	0,87	9,67	3,58	39,99
61	7,34	0,98	13,39	1,14	15,51	1,14	15,51	1,14	15,51	1,14	15,51
62	24,12	0,43	1,79	5,70	23,62	5,70	23,62	5,70	23,62	9,65	40,02
63	15,77	0,00	0,00	4,05	25,65	4,05	25,65	4,05	25,65	4,05	25,65
64	2,06	0,00	0,00	1,76	85,29	1,76	85,29	1,76	85,29	1,76	85,29
65	19,81	1,17	5,92	3,45	17,41	3,45	17,41	3,45	17,41	7,43	37,51
66	109,99	2,53	2,30	20,50	18,64	39,50	35,91	39,50	35,91	54,57	49,62
67	20,06	0,74	3,67	5,91	29,43	5,91	29,43	5,91	29,43	9,25	46,11
68	6,57	0,00	0,00	0,67	10,12	0,67	10,12	0,67	10,12	0,67	10,12
69	16,04	0,00	0,00	4,93	30,74	4,93	30,74	4,93	30,74	4,93	30,74
70	13,23	0,92	6,94	2,06	15,57	2,06	15,57	2,06	15,57	7,96	60,17
71	13,75	0,31	2,22	3,13	22,73	3,13	22,73	4,03	29,34	6,40	46,51
72	34,90	1,63	4,67	3,17	9,08	3,17	9,08	8,64	24,76	13,29	38,09
73	28,47	0,01	0,05	6,22	21,86	6,22	21,86	11,36	39,88	11,43	40,12
74	15,89	0,00	0,00	2,01	12,63	2,01	12,63	2,01	12,63	3,49	21,98
75	96,80	6,59	6,81	28,84	29,79	41,49	42,86	41,49	42,86	49,75	51,40
76	23,99	1,44	6,02	5,91	24,66	5,91	24,66	5,91	24,66	13,99	58,33
77	14,75	1,91	12,96	6,66	45,15	6,66	45,15	6,66	45,15	11,24	76,22
78	13,45	0,65	4,82	3,31	24,58	3,31	24,58	3,31	24,58	3,51	26,13
79	7,26	0,30	4,14	3,56	49,10	3,56	49,10	3,56	49,10	3,56	49,10
80	8,84	1,13	12,73	3,61	40,88	3,61	40,88	3,61	40,88	3,61	40,88
81	5,66	0,82	14,48	3,10	54,80	3,10	54,80	3,10	54,80	3,10	54,80
82	0,61	0,09	15,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
83	10,07	1,12	11,15	4,33	43,02	4,33	43,02	4,33	43,02	4,33	43,02
84	10,01	0,92	9,21	4,33	43,31	4,33	43,31	4,33	43,31	4,33	43,31
85	19,65	1,77	9,02	8,01	40,78	8,01	40,78	8,01	40,78	8,01	40,78
86	5,49	1,21	21,98	1,56	28,48	1,56	28,48	1,56	28,48	1,56	28,48
87	10,77	0,19	1,80	3,80	35,29	3,80	35,29	3,80	35,29	3,80	35,29
88	5,67	0,00	0,00	5,75	1,45	5,96	5,08	5,96	5,08	5,96	5,08
89	1,86	0,00	0,00	0,27	14,43	0,27	14,43	0,27	14,43	0,27	14,43
90	18,28	0,07	0,39	5,57	30,48	5,57	30,48	5,57	30,48	5,57	30,48

a – uso atual; b – simulação 1; c – simulação 2; d – simulação 3; e – simulação 4.

Tabela 14 - Percentagem ocupada por mata em cada propriedade rural

(conclusão)

Propriedade	Área (ha)	Mata									
		a	%	b	%	c	%	d	%	e	%
91	8,53	1,87	21,98	1,98	23,19	1,98	23,19	1,98	23,19	3,12	36,57
92	26,17	0,21	0,81	4,94	18,87	4,94	18,87	4,94	18,87	8,75	33,43
93	8,85	4,07	45,92	3,91	44,12	3,91	44,12	3,91	44,12	4,83	54,57

a – uso atual; b – simulação 1; c – simulação 2; d – simulação 3; e – simulação 4.

Tabela 15 - Percentagem ocupada por cana de açúcar em cada propriedade rural (continua)

Propriedade	Área (ha)	Cana									
		a	%	b	%	c	%	d	%	e	%
1	61,85	13,74	22,22	4,53	7,33	4,03	6,51	4,02	6,50	3,98	6,43
2	45,28	16,55	36,55	24,73	54,62	24,03	53,07	24,01	53,03	22,25	49,14
3	5,79	3,16	54,51	0,06	1,00	0,06	1,00	0,06	1,00	0,00	0,00
4	52,01	16,25	31,25	18,65	35,86	13,36	25,68	13,36	25,68	11,13	21,41
5	21,83	11,92	54,61	11,53	52,81	11,51	52,74	11,51	52,74	10,66	48,85
6	7,13	2,56	35,96	2,69	37,73	2,27	31,81	2,27	31,81	2,27	31,81
7	4,55	0,48	10,47	4,56	10,02	4,56	10,02	4,56	10,02	4,56	10,02
8	10,44	4,56	43,68	2,84	27,23	2,84	27,23	2,84	27,23	2,79	26,75
9	16,38	14,87	90,77	12,15	74,17	12,15	74,17	12,15	74,17	8,33	50,87
10	7,83	6,23	79,65	5,21	66,62	5,21	66,62	5,21	66,62	2,70	34,45
11	55,72	33,81	60,67	35,71	64,09	32,00	57,43	32,00	57,43	23,58	42,31
12	12,87	5,06	39,30	0,05	0,40	0,05	0,40	0,05	0,40	0,05	0,40
13	32,80	23,03	70,20	23,71	72,29	23,37	71,24	19,73	60,14	15,50	47,26
14	42,46	22,40	52,76	16,45	38,74	16,45	38,74	16,45	38,74	9,61	22,63
15	12,23	10,84	88,64	7,26	59,37	7,26	59,37	7,26	59,37	4,56	37,29
16	8,55	8,00	93,64	8,17	95,57	8,17	95,57	8,17	95,57	5,47	63,98
17	25,51	7,84	30,73	0,29	1,14	0,29	1,14	0,29	1,14	0,29	1,14
18	10,06	10,01	99,47	2,28	22,67	2,28	22,67	2,28	22,67	2,26	22,43
19	16,80	8,50	50,57	0,18	1,05	0,18	1,05	0,18	1,05	0,05	0,31
20	10,11	5,11	50,57	9,39	92,91	9,39	92,91	8,54	84,46	8,54	84,46
21	28,65	24,70	86,21	24,95	87,09	24,95	87,09	21,26	74,20	15,88	55,43
22	27,08	15,83	58,45	23,44	86,57	22,97	84,83	19,60	72,37	14,14	52,22
23	32,06	14,82	46,22	4,67	14,58	4,67	14,56	4,26	13,29	4,26	13,29
24	69,35	38,61	55,68	20,00	28,84	19,82	28,57	19,82	28,57	14,56	21,00
25	14,98	10,45	69,74	10,28	68,58	10,28	68,58	10,20	68,05	10,20	68,05
26	15,38	12,39	80,55	11,02	71,62	11,02	71,62	11,02	71,62	11,02	71,62
27	13,59	12,53	92,19	8,25	60,71	8,25	60,71	8,25	60,71	8,25	60,71
28	4,41	2,89	65,62	4,07	92,36	4,07	92,36	4,07	92,36	4,07	92,36
29	7,03	6,87	97,78	3,60	51,31	3,60	51,31	3,60	51,31	3,60	51,31
30	11,41	8,51	74,57	10,33	90,57	10,33	90,57	10,33	90,57	7,90	69,29
31	38,27	28,66	74,89	16,91	44,20	16,91	44,20	16,42	42,90	9,86	25,77
32	22,02	3,14	14,27	11,20	50,84	10,67	48,43	9,17	41,64	9,17	41,64
33	12,36	8,31	67,19	0,26	2,09	0,26	2,09	0,26	2,09	0,06	0,50
34	9,73	6,49	66,67	7,39	75,95	7,39	75,95	7,39	75,95	7,38	75,85
35	14,29	5,97	41,77	10,85	75,90	10,85	75,90	10,85	75,90	8,78	61,46
36	9,39	3,54	37,70	0,08	0,84	0,08	0,84	0,08	0,84	0,05	0,51
37	10,72	0,13	1,24	0,02	0,16	0,02	0,16	0,02	0,16	0,02	0,16
38	24,75	18,90	76,34	15,97	64,51	15,52	62,71	15,52	62,71	15,52	62,71
39	61,04	3,20	5,24	0,33	0,55	0,31	0,50	0,31	0,50	0,25	0,40
40	52,56	40,30	76,67	36,66	69,76	29,80	56,70	29,80	56,70	24,52	46,66
41	26,34	14,10	53,54	14,39	54,62	14,39	54,62	14,39	54,62	14,29	54,25
42	65,93	20,75	31,47	17,86	27,09	15,30	23,20	15,30	23,20	15,12	22,94
43	34,97	17,42	49,80	12,98	37,12	12,82	36,66	12,82	36,66	7,00	20,00
44	69,77	14,47	20,74	26,40	37,84	17,91	25,67	17,91	25,67	14,89	21,34
45	51,21	16,07	31,39	43,29	84,54	43,29	84,54	42,82	83,62	41,84	81,71

a – uso atual; b – simulação 1; c – simulação 2; d – simulação 3; e – simulação 4.

Tabela 15 - Percentagem ocupada por cana de açúcar em cada propriedade rural

(continuação)

Propriedade	Área (ha)	Cana									
		a	%	b	%	c	%	d	%	e	%
46	6,97	0,34	4,85	5,63	80,77	5,63	80,77	5,63	80,77	5,63	80,77
47	29,69	19,02	64,06	9,89	33,32	9,89	33,32	9,89	33,32	6,38	21,49
48	36,01	21,11	58,62	16,96	47,09	16,79	46,64	16,79	46,64	13,58	37,72
49	15,66	12,97	82,84	11,49	73,37	11,49	73,37	11,49	73,37	5,27	33,63
50	17,78	16,58	93,26	13,39	75,31	13,39	75,31	13,39	75,31	9,72	54,66
51	27,80	22,20	79,86	19,21	69,11	19,21	69,11	19,21	69,11	11,25	40,45
52	18,79	8,17	43,49	9,87	52,53	9,87	52,53	9,87	52,53	6,46	34,38
53	18,30	8,98	49,07	9,12	49,83	9,12	49,83	9,12	49,83	4,13	22,54
54	14,07	3,01	21,38	4,37	31,06	4,37	31,06	4,37	31,06	4,13	29,32
55	3,27	1,73	52,94	2,01	61,67	2,01	61,67	2,01	61,67	2,01	61,67
56	34,50	12,03	34,88	23,66	68,56	23,66	68,56	23,66	68,56	18,85	54,62
57	9,60	2,76	28,78	0,09	0,89	0,08	0,88	0,08	0,88	0,03	0,27
58	26,87	13,32	49,57	15,71	58,47	15,71	58,47	15,71	58,47	7,34	27,34
59	61,56	48,43	78,67	48,83	79,33	38,54	62,61	38,54	62,61	32,59	52,95
60	8,95	8,72	97,43	8,08	90,33	8,08	90,33	8,08	90,33	5,37	60,01
61	7,34	6,32	86,11	6,20	84,45	6,20	84,45	6,20	84,45	6,20	84,45
62	24,12	15,90	65,91	17,72	73,48	17,72	73,48	17,72	73,48	13,77	57,08
63	15,77	5,63	35,70	11,42	72,38	11,42	72,38	11,42	72,38	11,42	72,38
64	2,06	2,61	126,57	0,14	6,67	0,14	6,67	0,14	6,67	0,14	6,67
65	19,81	12,14	61,31	14,99	75,68	14,99	75,68	14,99	75,68	11,01	55,61
66	109,99	66,39	60,36	81,94	74,50	67,25	61,14	67,25	61,14	52,28	47,53
67	20,06	5,42	27,03	10,12	50,41	10,12	50,41	10,12	50,41	6,98	34,81
68	6,57	1,45	22,04	1,09	16,65	1,09	16,65	1,09	16,65	1,09	16,65
69	16,04	6,47	40,37	11,06	68,95	11,06	68,95	11,06	68,95	11,06	68,95
70	13,23	4,21	31,86	6,83	51,64	6,83	51,64	6,83	51,64	1,89	14,25
71	13,75	5,40	39,24	10,45	75,96	10,45	75,96	9,62	69,93	7,26	52,80
72	34,90	6,54	18,73	23,62	67,67	23,62	67,67	21,05	60,30	16,63	47,64
73	28,47	4,05	14,21	6,86	24,09	6,86	24,09	6,81	23,93	6,81	23,93
74	15,89	6,82	42,92	13,97	87,91	13,97	87,91	13,97	87,91	12,48	78,56
75	96,80	43,39	44,82	40,43	41,77	33,56	34,67	33,56	34,67	28,63	29,58
76	23,99	7,60	31,70	3,46	14,41	3,46	14,41	3,46	14,41	3,26	13,57
77	14,75	11,22	76,07	6,16	41,77	6,16	41,77	6,16	41,77	2,89	19,61
78	13,45	2,53	18,83	5,52	41,08	5,52	41,08	5,52	41,08	5,52	41,08
79	7,26	3,48	48,00	3,09	42,59	3,09	42,59	3,09	42,59	3,09	42,59
80	8,84	4,34	49,09	2,55	28,80	2,55	28,80	2,55	28,80	2,55	28,80
81	5,66	2,19	38,61	0,88	15,60	0,88	15,60	0,88	15,60	0,88	15,60
82	0,61	0,00	0,00	0,57	92,96	0,57	92,96	0,57	92,96	0,57	92,96
83	10,07	0,40	3,98	1,88	18,67	1,88	18,67	1,88	18,67	1,88	18,67
84	10,01	0,16	1,59	1,07	10,65	1,07	10,65	1,07	10,65	1,07	10,65
85	19,65	4,16	21,16	6,21	31,61	6,21	31,61	6,21	31,61	6,21	31,61
86	5,49	4,15	75,59	3,77	68,63	3,77	68,63	3,77	68,63	3,77	68,63
87	10,77	3,32	30,84	6,52	60,51	6,52	60,51	6,52	60,51	6,52	60,51
88	5,67	14,07	24,81	3,31	58,31	3,31	58,31	3,31	58,31	3,31	58,31
89	1,86	0,00	0,00	0,21	11,03	0,21	11,03	0,21	11,03	0,21	11,03

a – uso atual; b – simulação 1; c – simulação 2; d – simulação 3; e – simulação 4.

Tabela 15 - Percentagem ocupada por cana de açúcar em cada propriedade rural

(conclusão)

Propriedade	Área (ha)	Cana									
		a	%	b	%	c	%	d	%	e	%
90	18,28	4,80	26,28	7,29	39,86	7,29	39,86	7,29	39,86	7,29	39,86
91	8,53	4,70	55,09	6,52	76,42	6,52	76,42	6,52	76,42	5,38	63,04
92	26,17	10,38	39,67	7,79	29,77	7,79	29,77	7,79	29,77	7,78	29,74
93	8,85	0,33	3,74	1,00	11,32	1,00	11,32	1,00	11,32	1,00	11,32

a – uso atual; b – simulação 1; c – simulação 2; d – simulação 3; e – simulação 4.

Tabela 16 - Percentagem ocupada por pastagem em cada propriedade rural (continua)

Propriedade	Área (ha)	Pastagem									
		a	%	b	%	c	%	d	%	e	%
1	61,85	22,66	36,64	8,73	14,12	8,58	13,88	7,79	12,60	7,75	12,53
2	45,28	11,06	24,44	5,49	12,13	5,49	12,13	5,49	12,13	4,85	10,72
3	5,79	2,63	45,43	3,74	64,63	3,74	64,63	3,74	64,63	2,31	39,94
4	52,01	13,29	25,55	2,77	5,32	2,77	5,32	2,77	5,32	1,92	3,68
5	21,83	6,15	28,17	6,14	28,14	6,10	27,96	6,10	27,96	5,80	26,56
6	7,13	3,06	42,98	1,46	20,50	1,46	20,43	1,46	20,43	1,20	16,79
7	4,55	0,15	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	10,44	4,53	43,41	0,19	1,77	0,19	1,77	0,19	1,77	0,17	1,59
9	16,38	0,03	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	7,83	0,79	10,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	55,72	21,76	39,05	4,58	8,21	3,67	6,58	3,67	6,58	3,57	6,41
12	12,87	6,61	51,33	6,58	51,09	6,58	51,09	6,58	51,09	6,58	51,09
13	32,80	9,16	27,92	7,22	22,02	7,22	22,02	4,54	13,85	2,50	7,63
14	42,46	19,24	45,31	16,45	38,74	16,45	38,74	11,06	26,05	11,01	25,93
15	12,23	1,37	11,22	3,67	29,97	3,67	29,97	3,67	29,97	2,50	20,46
16	8,55	0,55	6,49	0,03	0,37	0,03	0,37	0,03	0,37	0,03	0,37
17	25,51	14,75	57,84	21,28	83,42	21,28	83,42	21,28	83,42	21,28	83,42
18	10,06	0,04	0,37	3,85	38,26	3,85	38,26	3,85	38,26	2,15	21,39
19	16,80	4,52	26,92	12,35	73,50	12,35	73,50	12,35	73,50	10,20	60,74
20	10,11	4,99	49,40	0,31	3,02	0,31	3,02	0,30	2,94	0,30	2,94
21	28,65	0,66	2,29	0,39	1,36	0,39	1,36	0,39	1,36	0,33	1,16
22	27,08	6,90	25,48	0,07	0,27	0,04	0,15	0,04	0,15	0,03	0,11
23	32,06	15,25	47,58	20,32	63,39	20,27	63,21	13,19	41,13	13,19	41,13
24	69,35	22,14	31,93	31,37	45,24	21,21	30,58	21,20	30,56	15,58	22,47
25	14,98	2,67	17,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	15,38	1,44	9,39	1,07	6,94	1,07	6,94	1,07	6,94	1,07	6,94
27	13,59	0,67	4,96	0,87	6,39	0,87	6,39	0,87	6,39	0,87	6,39
28	4,41	0,72	16,30	0,03	0,75	0,03	0,75	0,03	0,75	0,03	0,75
29	7,03	0,01	0,19	1,86	26,52	1,86	26,52	1,86	26,52	1,86	26,52
30	11,41	2,65	23,20	0,09	0,81	0,09	0,81	0,09	0,81	0,04	0,36
31	38,27	5,74	15,00	8,26	21,58	8,26	21,58	5,32	13,91	5,07	13,25
32	22,02	12,56	57,05	6,13	27,85	6,12	27,81	2,94	13,35	2,94	13,35
33	12,36	3,81	30,82	7,48	60,47	7,48	60,47	7,43	60,11	4,65	37,64
34	9,73	0,00	0,00	0,33	3,41	0,33	3,41	0,33	3,41	0,00	0,00
35	14,29	1,73	12,09	0,57	3,98	0,57	3,98	0,57	3,98	0,12	0,83
36	9,39	2,05	21,80	4,89	52,02	4,89	52,02	4,89	52,02	4,64	49,41
37	10,72	2,06	19,22	6,15	57,38	6,15	57,38	6,15	57,38	6,15	57,38
38	24,75	5,87	23,70	1,59	6,43	1,59	6,43	1,59	6,43	1,59	6,43
39	61,04	53,74	88,04	43,67	71,54	34,84	57,07	34,54	56,58	24,18	39,61
40	52,56	11,53	21,94	8,33	15,85	6,00	11,42	6,00	11,42	5,05	9,61
41	26,34	12,21	46,38	4,45	16,91	4,45	16,91	4,45	16,91	4,45	16,91
42	65,93	42,27	64,11	35,31	53,56	28,49	43,21	28,49	43,21	20,25	30,72
43	34,97	15,11	43,22	16,31	46,64	16,26	46,49	16,26	46,49	8,43	24,11

a – uso atual; b – simulação 1; c – simulação 2; d – simulação 3; e – simulação 4.

Tabela 16 - Percentagem ocupada por pastagem em cada propriedade rural (continuação)

Propriedade	Área (ha)	Pastagem									
		a	%	b	%	c	%	d	%	e	%
44	69,77	38,45	55,11	27,07	38,81	22,69	32,52	22,69	32,52	15,18	21,76
45	51,21	31,10	60,74	6,73	13,15	6,73	13,15	1,40	2,73	1,20	2,35
46	6,97	5,33	76,51	0,14	1,98	0,14	1,98	0,14	1,98	0,14	1,98
47	29,69	7,37	24,82	8,70	29,29	8,70	29,29	8,70	29,29	7,98	26,87
48	36,01	10,80	30,01	9,94	27,61	9,94	27,61	9,94	27,61	7,86	21,84
49	15,66	0,00	0,00	0,51	3,26	0,51	3,26	0,51	3,26	0,26	1,68
50	17,78	0,09	0,50	0,45	2,52	0,45	2,52	0,45	2,52	0,37	2,07
51	27,80	4,60	16,54	1,42	5,09	1,42	5,09	1,42	5,09	0,88	3,18
52	18,79	8,33	44,35	6,00	31,92	6,00	31,92	6,00	31,92	4,57	24,31
53	18,30	5,88	32,15	3,75	20,50	3,75	20,50	3,75	20,50	3,73	20,35
54	14,07	2,68	19,05	4,29	30,48	4,29	30,48	4,29	30,48	4,27	30,33
55	3,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	34,50	5,47	15,85	0,26	0,77	0,26	0,77	0,26	0,77	0,23	0,66
57	9,60	4,52	47,05	7,46	77,66	7,20	75,01	7,20	75,01	3,33	34,72
58	26,87	0,46	1,73	3,83	14,26	3,83	14,26	3,83	14,26	3,72	13,84
59	61,56	7,82	12,70	0,75	1,22	0,37	0,60	0,37	0,60	0,23	0,38
60	8,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
61	7,34	0,03	0,37	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03
62	24,12	4,24	17,59	0,59	2,45	0,59	2,45	0,59	2,45	0,59	2,45
63	15,77	0,00	0,00	0,32	2,03	0,32	2,03	0,32	2,03	0,32	2,03
64	2,06	0,00	0,00	1,72	83,20	1,72	83,20	1,72	83,20	1,72	83,20
65	19,81	6,49	32,77	1,37	6,91	1,37	6,91	1,37	6,91	1,36	6,88
66	109,99	13,44	12,22	7,56	6,88	3,27	2,98	3,27	2,98	3,16	2,88
67	20,06	7,52	37,47	4,05	20,16	4,05	20,16	4,05	20,16	3,83	19,09
68	6,57	0,82	12,50	4,81	73,22	4,81	73,22	4,81	73,22	4,81	73,22
69	16,04	9,56	59,63	0,05	0,30	0,05	0,30	0,05	0,30	0,05	0,30
70	13,23	3,61	27,26	4,34	32,85	4,34	32,85	4,34	32,85	3,39	25,64
71	13,75	4,77	34,70	0,19	1,35	0,19	1,35	0,11	0,77	0,10	0,74
72	34,90	14,09	40,37	8,13	23,29	8,13	23,29	5,23	14,97	4,99	14,30
73	28,47	5,07	17,80	15,41	54,13	15,41	54,13	10,33	36,27	10,26	36,03
74	15,89	0,00	0,00	0,11	0,66	0,11	0,66	0,11	0,66	0,11	0,66
75	96,80	48,39	49,99	27,69	28,60	21,94	22,66	21,94	22,66	18,61	19,23
76	23,99	14,13	58,93	14,69	61,25	14,69	61,25	14,69	61,25	6,81	28,41
77	14,75	2,82	19,15	2,45	16,63	2,45	16,63	2,45	16,63	1,14	7,71
78	13,45	8,16	60,71	4,66	34,62	4,66	34,62	4,66	34,62	4,45	33,07
79	7,26	1,81	24,95	0,62	8,57	0,62	8,57	0,62	8,57	0,62	8,57
80	8,84	1,35	15,30	2,70	30,57	2,70	30,57	2,70	30,57	2,70	30,57
81	5,66	1,14	20,09	1,68	29,60	1,68	29,60	1,68	29,60	1,68	29,60
82	0,61	0,74	120,51	0,05	8,16	0,05	8,16	0,05	8,16	0,05	8,16
83	10,07	6,57	65,22	3,92	38,89	3,92	38,89	3,92	38,89	3,92	38,89
84	10,01	6,30	63,01	4,69	46,85	4,69	46,85	4,69	46,85	4,69	46,85
85	19,65	10,58	53,86	5,46	27,79	5,46	27,79	5,46	27,79	5,46	27,79
86	5,49	1,79	32,58	0,21	3,75	0,21	3,75	0,21	3,75	0,21	3,75
87	10,77	2,04	18,91	0,50	4,61	0,50	4,61	0,50	4,61	0,50	4,61
88	5,67	8,84	155,93	0,45	7,86	0,45	7,86	0,45	7,86	0,45	7,86

a – uso atual; b – simulação 1; c – simulação 2; d – simulação 3; e – simulação 4.

Tabela16 - Percentagem ocupada por pastagem em cada propriedade rural (conclusão)

Propriedade	Área (ha)	Pastagem									
		a	%	b	%	c	%	d	%	e	%
89	1,86	0,00	0,07	1,61	86,38	1,61	86,38	1,61	86,38	1,61	86,38
90	18,28	4,52	24,74	5,66	30,93	5,66	30,93	5,66	30,93	5,66	30,93
91	8,53	1,96	22,96	0,03	0,39	0,03	0,39	0,03	0,39	0,03	0,39
92	26,17	10,99	41,99	13,44	51,37	13,44	51,37	13,44	51,37	9,64	36,83
93	8,85	4,96	56,04	3,85	43,51	3,85	43,51	3,85	43,51	2,93	33,06

a – uso atual; b – simulação 1; c – simulação 2; d – simulação 3; e – simulação 4.

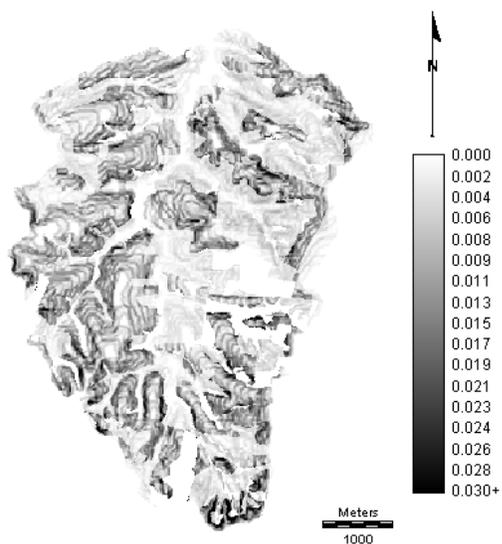


Figura 36 - Influência antrópica na erosão do solo (CP) na condiçãp atual de uso e cobertura do solo

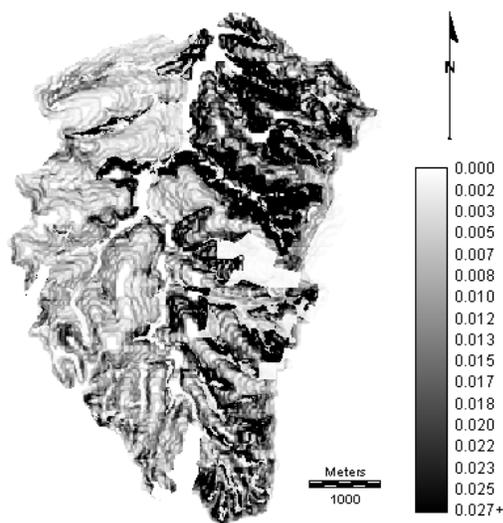


Figura 37 - Potencial natural de erosão do solo (PE) no uso atual de cobertura do solo

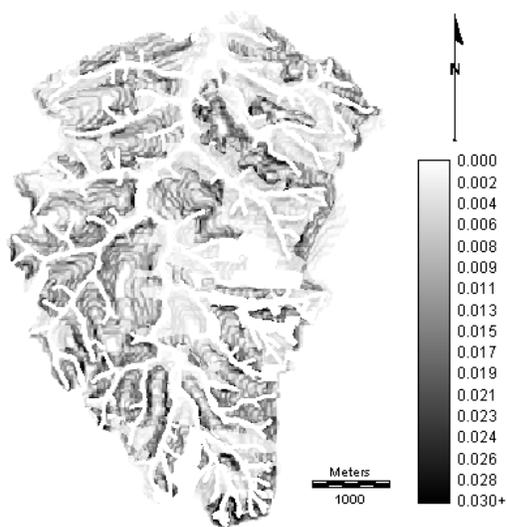


Figura 38 - Influência antrópica na erosão do solo (CP) na simulação 1

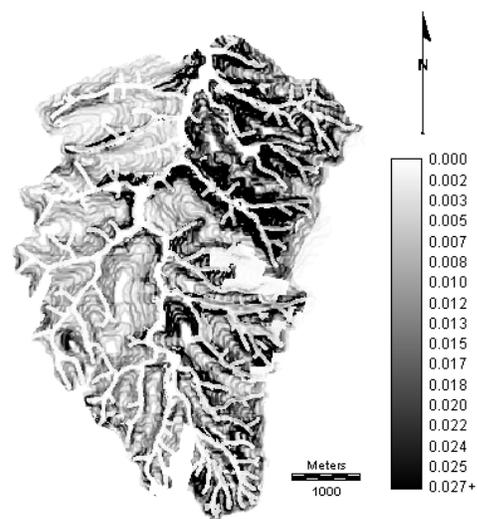


Figura 39 - Potencial natural de erosão do solo (PE) na simulação 1

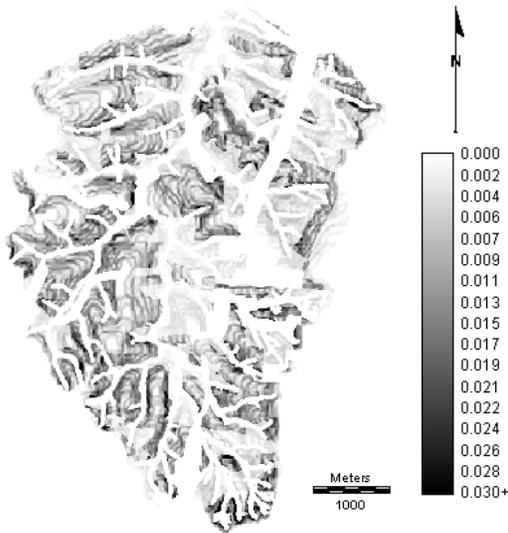


Figura 40 - Influência antrópica na erosão do solo (CP) na simulação 2

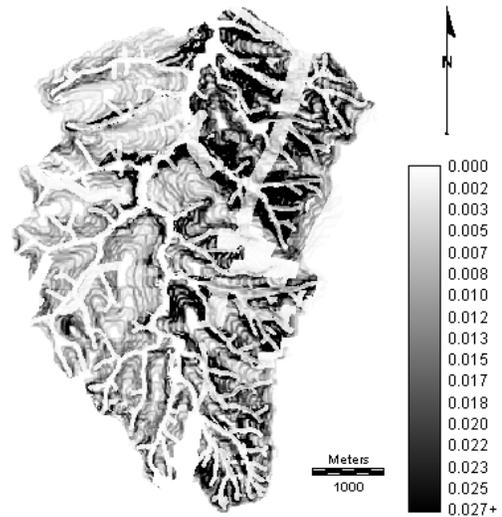


Figura 41 - Potencial natural de erosão do solo (PE) na simulação 2

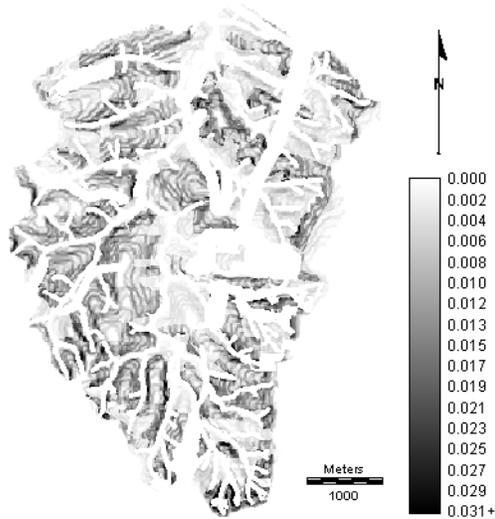


Figura 42 - Influência antrópica na erosão do solo (CP) na simulação 3

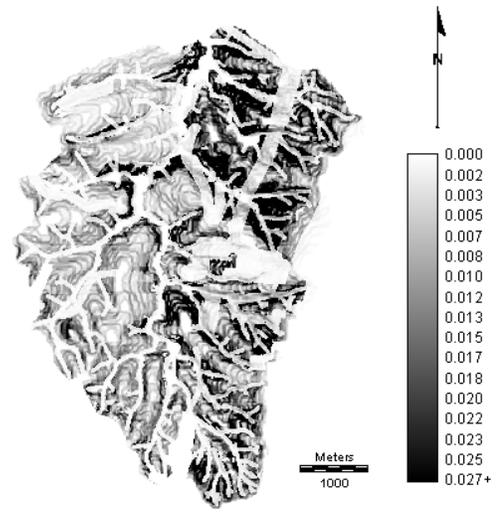


Figura 43 - Potencial natural de erosão do solo (PE) na simulação 3

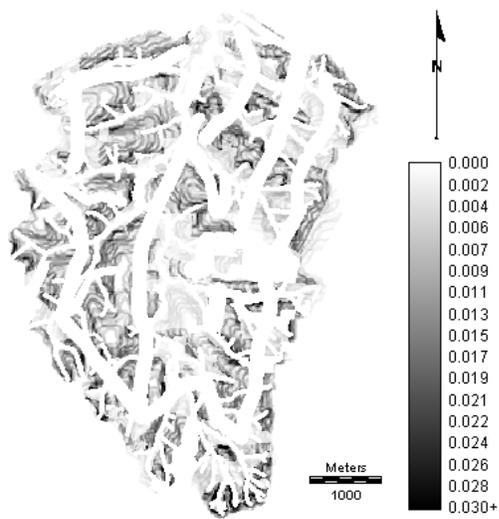


Figura 44 - Influência antrópica na erosão do solo (CP) na simulação 4

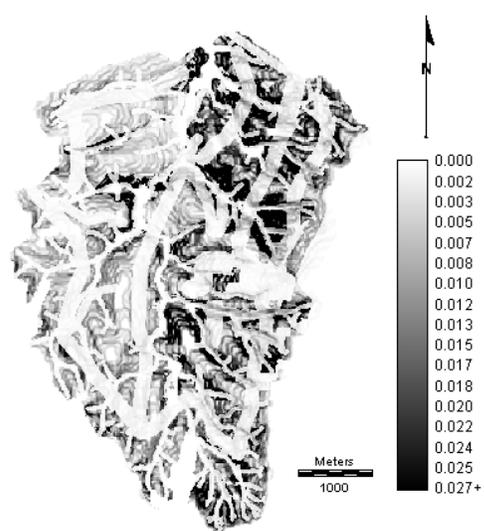


Figura 45 - Potencial natural de erosão do solo (PE) na simulação 4

Tabela 17 - Uso e cobertura do solo Atual (CP/PE)

Classes	%	% Acumulada
$-1,00 \leq x < 0,00$	0,00	0,00
$0,00 \leq x < 1,00$	72,04	72,04
$1,00 \leq x < 2,00$	24,73	96,77
$2,00 \leq x < 3,00$	1,08	97,85
$3,00 \leq x < 4,00$	1,08	98,92
$4,00 \leq x < 5,00$	1,08	100,00

Tabela 18 - Uso e cobertura do solo na simulação 1 (CP/PE)

Classes	%	% Acumulada
$-0,50 \leq x < 0,00$	0,00	0,00
$0,00 \leq x < 0,50$	40,86	40,86
$0,50 \leq x < 1,00$	29,03	69,89
$1,00 \leq x < 1,50$	23,66	93,55
$1,50 \leq x < 2,00$	6,45	100,00

Tabela 19 - Uso e cobertura do solo na simulação 2 (CP/PE)

Classes	%	% Acumulada
$-0,50 \leq x < 0,00$	0,00	0,00
$0,00 \leq x < 0,50$	40,86	40,86
$0,50 \leq x < 1,00$	29,03	69,89
$1,00 \leq x < 1,50$	23,66	93,55
$1,50 \leq x < 2,00$	6,45	100,00

Tabela 20 - Uso e cobertura do solo na simulação 3 (CP/PE)

Classes	%	% Acumulada
$-0,50 \leq x < 0,00$	0,00	0,00
$0,00 \leq x < 0,50$	38,71	38,71
$0,50 \leq x < 1,00$	32,26	70,97
$1,00 \leq x < 1,50$	22,58	93,55
$1,50 \leq x < 2,00$	6,45	100,00

Tabela 21 - Uso e cobertura do solo na simulação 4 (CP/PE)

Classes	%	% Acumulada
$-0,50 \leq x < 0,00$	0,00	0,00
$0,00 \leq x < 0,50$	40,86	40,86
$0,50 \leq x < 1,00$	32,26	73,12
$1,00 \leq x < 1,50$	20,43	93,55
$1,50 \leq x < 2,00$	6,45	100,00

Tabela 22 - Aporte de sedimentos por propriedade rural em relação a sua área (continua)

Polígono	Área (ha)	% por área de cada propriedade				
		Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
1	61,85	19,68	13,12	12,16	11,68	11,68
2	44,55	45,12	41,61	40,49	39,85	35,69
3	5,79	56,96	37,44	37,44	36,79	23,03
4	52,01	72,32	66,55	49,12	47,67	39,19
5	21,83	82,88	71,36	71,04	70,40	64,31
6	7,13	47,84	43,68	36,32	35,99	33,42
7	4,54	34,24	34,21	34,21	33,40	34,21
8	10,15	9,28	8,02	8,02	7,53	6,89
9	15,92	72,80	53,62	53,62	53,30	29,92
10	7,83	92,16	63,84	63,84	62,40	22,23
11	55,51	120,96	87,40	79,91	79,40	55,79
12	12,87	26,56	18,24	18,24	17,92	18,24
13	32,80	36,32	35,84	35,84	29,76	23,20
14	42,46	39,04	31,20	31,20	27,68	18,56
15	12,23	33,76	33,76	33,76	33,75	22,07
16	8,55	46,24	44,16	44,16	44,16	27,19
17	25,51	30,08	25,28	25,28	25,28	25,28
18	10,06	35,84	26,56	26,56	26,56	20,80
19	16,80	20,96	16,64	16,64	16,64	13,92
20	10,11	97,28	97,76	97,76	92,00	91,68
21	28,65	73,76	59,52	59,52	49,28	41,43
22	27,08	85,44	82,40	77,44	52,64	42,71
23	32,06	78,08	64,00	64,00	54,72	54,56
24	69,35	56,32	51,52	42,24	42,24	28,64
25	14,98	28,32	22,40	22,40	22,08	22,24
26	15,38	28,96	24,16	24,16	24,16	24,16
27	13,59	78,72	63,68	63,68	63,04	63,83
28	4,41	43,20	40,16	40,16	39,68	40,16
29	7,03	44,64	30,08	30,08	29,91	30,08
30	11,41	27,84	27,04	27,04	27,04	20,00
31	38,27	33,44	28,80	28,80	27,84	12,96
32	22,02	97,12	90,40	85,76	73,43	73,60
33	12,36	24,32	24,48	24,48	24,16	12,48
34	9,48	31,68	26,72	26,72	26,72	26,56
35	12,63	30,56	26,56	26,56	26,56	18,72
36	9,39	22,24	21,44	21,44	21,28	19,84
37	10,53	22,88	22,24	22,24	22,08	22,24
38	24,75	103,36	94,72	92,64	91,67	92,64
39	61,04	81,12	60,96	51,20	50,71	38,56
40	52,46	134,24	114,40	80,96	81,11	64,79
41	26,34	138,08	113,44	113,44	113,42	112,16
42	65,25	48,64	39,55	25,78	25,62	19,37
43	34,97	83,84	76,48	75,36	75,52	40,48
44	66,24	76,48	67,52	52,16	51,68	39,84
45	50,26	31,36	30,73	30,73	27,85	25,77
46	6,97	56,80	56,00	56,00	55,83	56,00

Tabela 22 - Aporte de sedimentos por propriedade rural por área
(continuação)

Polígono	Área (ha)	% por área de cada propriedade				
		Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
47	29,69	37,76	33,92	33,92	33,76	20,80
48	36,01	57,28	44,80	44,32	44,15	36,48
49	15,66	66,56	63,84	63,84	63,35	22,23
50	17,78	72,64	60,80	60,80	60,63	45,59
51	27,72	62,24	55,20	55,20	55,02	31,99
52	18,79	55,84	50,72	50,72	50,88	36,63
53	18,22	46,40	37,90	37,91	37,84	17,27
54	13,85	55,68	40,82	40,82	40,19	39,06
55	3,26	64,16	41,88	41,88	40,60	41,88
56	34,08	57,92	47,53	47,53	46,96	36,48
57	9,60	17,44	15,84	15,36	15,36	6,40
58	26,42	53,60	41,28	41,28	41,28	21,76
59	61,56	58,08	53,92	42,88	42,56	34,71
60	8,95	65,12	61,44	61,44	61,11	29,28
61	7,34	76,64	76,00	76,00	75,52	76,00
62	23,99	77,12	47,15	47,15	49,54	37,91
63	15,10	75,84	56,86	56,86	56,31	56,86
64	1,92	257,92	13,81	13,81	22,72	13,81
65	19,81	73,92	72,96	72,96	72,80	55,84
66	107,95	48,16	42,24	35,36	35,18	28,80
67	19,72	33,12	28,00	28,00	28,00	20,79
68	6,01	8,16	8,00	8,00	8,16	8,00
69	16,04	141,28	84,00	84,00	82,87	84,00
70	13,09	50,88	24,32	24,32	24,47	9,12
71	13,50	39,20	32,80	32,80	28,96	18,56
72	34,26	22,40	21,92	21,92	17,26	14,40
73	26,06	14,24	12,16	12,16	8,79	8,64
74	12,74	50,88	51,04	51,04	50,88	37,76
75	93,80	95,36	67,36	56,48	55,84	46,56
76	23,72	31,84	22,24	22,24	21,92	14,08
77	14,75	147,04	53,68	53,68	56,48	24,68
78	13,37	55,52	46,71	46,72	46,56	46,24
79	7,21	59,20	44,48	44,48	44,15	44,48
80	8,82	47,04	35,05	35,05	34,89	35,05
81	5,66	38,08	25,44	25,44	25,12	25,59
82	0,60	55,84	55,84	55,84	55,84	55,84
83	9,97	49,28	29,43	29,43	28,79	29,42
84	9,93	39,04	28,53	28,53	25,63	28,53
85	19,51	94,88	56,88	56,88	56,68	56,88
86	5,38	109,92	80,71	80,71	79,21	80,70
87	10,59	120,48	83,95	83,97	83,11	83,94
88	5,63	332,80	62,66	62,66	75,41	62,65
89	1,77	174,72	46,59	46,44	35,92	46,44
90	17,98	45,28	33,37	33,37	34,12	33,37

Tabela 22 - Aporte de sedimentos por propriedade rural por área
(conclusão)

Polígono	Área (ha)	Uso Atual	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
		% por área de cada propriedade				
91	8,53	145,92	97,60	97,59	96,80	82,24
92	26,02	42,40	26,88	26,88	26,56	24,64
93	8,85	50,88	31,57	31,57	30,91	22,27

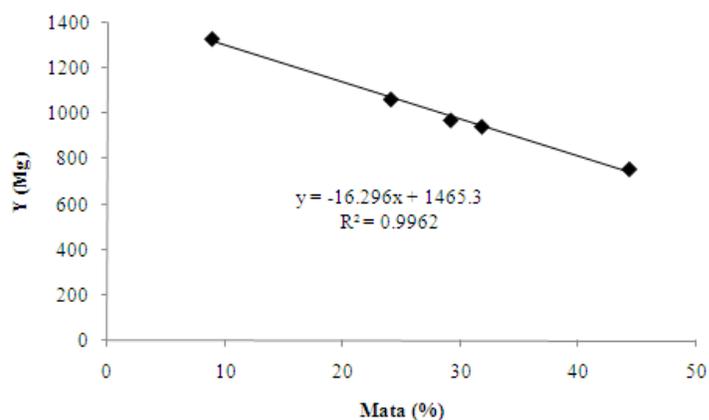


Figura 46 – Análise de regressão para o aporte de sedimentos e percentagens de mata

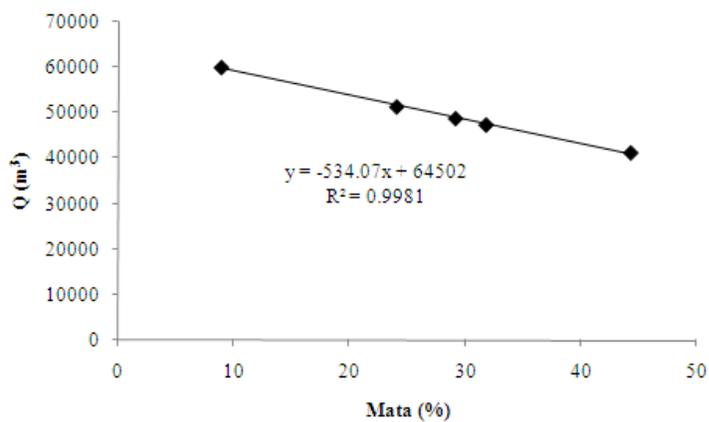


Figura 47 – Análise de regressão para o volume acumulado e percentagens de mata

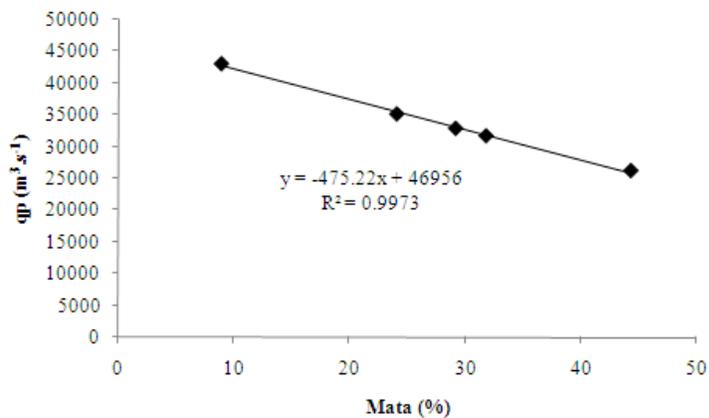


Figura 48 – Análise de regressão para vazão de pico e percentagens de mata

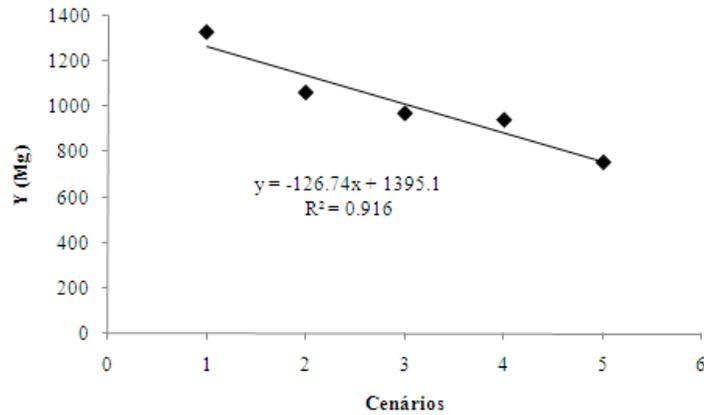


Figura 49 – Análise de regressão para o aporte de sedimentos em cada cenário, 1) condição atual; 2) simulação 1; 3) simulação 2; 4) simulação 3; 5) simulação 4

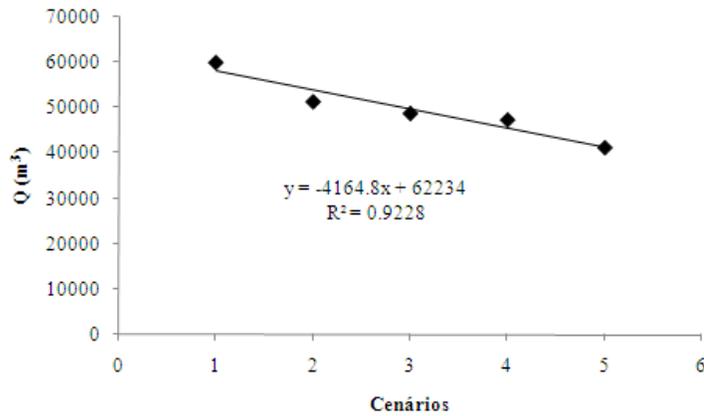


Figura 50 – Análise de regressão para o volume acumulado em cada cenário, 1) condição atual; 2) simulação 1; 3) simulação 2; 4) simulação 3; 5) simulação 4

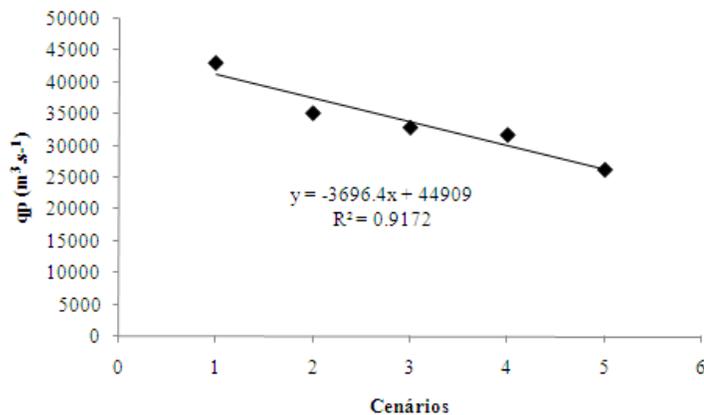


Figura 51 – Análise de regressão para vazão de pico em cada cenário, 1) condição atual; 2) simulação 1; 3) simulação 2; 4) simulação 3; 5) simulação 4

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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