



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA**

RICARDO APARECIDO CAMPOS

**ESTUDOS AMBIENTAIS NO ESPAÇO GEOGRÁFICO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS MARRECAS –
LONDRINA – PR**

Londrina
2006

RICARDO APARECIDO CAMPOS

**ESTUDOS AMBIENTAIS NO ESPAÇO GEOGRÁFICO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS MARRECAS –
LONDRINA – PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação, em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Orientadora: Profa. Dra. Nilza Aparecida Freres Stipp

Londrina
2006

RICARDO APARECIDO CAMPOS

**ESTUDOS AMBIENTAIS NO ESPAÇO GEOGRÁFICO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS MARRECAS –
LONDRINA – PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação, em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Nilza Aparecida Freres Stipp

Prof. Dr. André Celligoi

Profa. Dra. Lúcia Helena Batista Gratão

Londrina, 07 de julho de 2006.

Dedico este trabalho

*À Deus,
minha filha e
minha esposa,
pelo apoio e inspiração quando mais precisei...*

AGRADECIMENTOS

À Professora Nilza Aparecida Freres Stipp, pela paciência, amizade, compreensão nos momentos mais difíceis e principalmente pela orientação, não só neste trabalho.

Ao Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, onde estou desde a graduação, em nome de meus queridos docentes Professor André Celligoi e Professora Lucia Helena Batista Gratão, que me prestigiaram na análise deste trabalho.

Aos meus amigos do ITEDES, Élio, Neide, Miki, Elaine, Paulo, Rodrigo e Carol, pelo apoio e compreensão.

Aos meus amigos do COU/UEL nas pessoas de Jefferson, Sueli, Joceli e principalmente Professor Newton Expedito de Moraes, entre outros, obrigado pelo incentivo e amizade.

Ao Engenheiro Agrônomo João Henrique Caviglione, pesquisador do IAPAR, pela insubstituível ajuda no andamento dos trabalhos.

Às secretárias Edna e Regina, do Departamento de Geociências, pelo pronto atendimento, obrigado por suas amizades.

Às secretárias da Secretaria de Pós do CCE, Regina e Joelma, que sempre muito cordialmente resolviam os problemas.

Aos Professores do Programa de Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento, pelo desprendimento e generosidade em compartilhar seus conhecimentos.

À minha Mãe, que nunca me desamparou, esta é uma oportunidade de dizer que a amo muito.

À todos de minha família, Rosana, Rosemara, Reversion, Renata e meu Pai, pelo apoio que sempre me dispensaram.

À minha querida esposa Jedione e minha filha Isabella, pela compreensão nos vários momentos ausentes, amor, paciência e apoio, eu as amo muito.

*“A Geografia está entre os primeiros interesses do homem culto
porque é a mais abrangente e singular das ciências.
Associa fatos heterogêneos e diacrônicos e é a única comprometida
ao mesmo tempo com a sociedade e com a natureza.
Seus limites são os da inteligência humana e,
seus horizontes,
infinitos.”*

José Bueno Conti

CAMPOS, Ricardo Aparecido. **Estudos ambientais no espaço geográfico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas – Londrina – PR.** 2006. 110f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

RESUMO

Este trabalho abordou estudos ambientais na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas no município de Londrina no estado do Paraná. Desenvolveu-se uma metodologia que procurou evidenciar a aplicação da EUPS como subsídio ao planejamento do uso do solo agrícola. Vários mapas temáticos foram elaborados com a finalidade de descrição e reconhecimento da área de estudo. Apresentou-se uma discussão dos resultados a partir de reflexões após a análise ambiental da área, gerando-se vários mapeamentos referentes à erosão potencial do solo, simulação de erosão do uso atual com terraços, com cordões vegetados, com cana de- açúcar, com mandioca, com pastagens e com cobertura vegetal. Realizou-se vários trabalhos de campo onde foram obtidas várias fotos que foram apresentadas e analisadas nos resultados que permitiram várias considerações sobre esses estudos. A alta fragilidade ambiental que ficou evidenciada, concorreu para a degradação, que precisa ser resgatada urgentemente para não ocorrerem situações impactantes irreversíveis.

Palavras-chave: Erosão. Degradação ambiental. EUPS. Fragilidade ambiental. Uso do solo.

CAMPOS, Ricardo Aparecido. **Environmental studies in the geographical space of the Hydrographical Basin of the Marrecas River – Londrina – PR.** 2006. 110f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

ABSTRACT

This work approached environmental studies in the area of the Hydrographical Basin of Ribeirão of Marrecas in the municipal district of Londrina in the state of Paraná. It was presented grew a methodology that tried to evidence the application of EUPS as subsidy to the planning of the use of the agricultural soil. Several thematic maps were elaborated with the description purpose and recognition of the study area. He/she came a discussion of the results starting from reflections after the environmental analysis of the area, being generated several mapping regarding the potential erosion of the soil, simulation of erosion of the current use with terraces, with vegetated strings, with sugarcane, with cassava, with pastures and with vegetable covering. It was accomplished several field works where were obtained several pictures that were presented and analyzed in the results that allowed several considerations on those studies. The high environmental fragility that it was evidenced, it competed for the degradation, that needs to be rescued urgently for us not to happen situations irreversible impacts.

Keywords: Erosion. Environmental degradation. Environmental fragility. Use of the soil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas em relação ao Município de Londrina – PR	20
Figura 2	– Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	21
Figura 3	– Foto da área da nascente do Ribeirão das Marrecas, com predominância de gramíneas e Eucaliptos. (CAMPOS, 2006)	22
Figura 4	– Foto da área da foz do Ribeirão das Marrecas com o Rio Tibagi. (CAMPOS, R. 2006)	22
Figura 5	– Gráfico de distribuição percentual das cotas altimétricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	23
Figura 6	– Gráfico de Precipitação média (1975 – 1999) para o Município de Londrina – Pr. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	24
Figura 7	– Foto de Remanescente Florestal com vegetação característica da cobertura original. (CAMPOS, R. 2006).....	26
Figura 8	– Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas (Fonte: EMBRAPA; IAPAR, 1981; EMBRAPA, 1999).....	30
Figura 9	– Mosaico de Cartas Topográficas com delimitação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	58
Figura 10	– Mapa da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas delimitada sobre a imagem do Satélite SPOT 4	59
Figura 11	– Mapa de Uso Atual do Solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas	60
Figura 12	– Fluxograma da Metodologia	65
Figura 13	– Foto de pastagens degradadas na margem esquerda do Ribeirão das Marrecas. (CAMPOS, R. 2006)	67
Figura 14	– Foto de pastagens degradadas na margem esquerda, próximas à foz do Ribeirão das Marrecas. (CAMPOS, R. 2006).....	67
Figura 15	– Foto evidenciando a inexistência de mata ciliar e utilização depredadora das margens, vista à montante do Ribeirão das Marrecas. (CAMPOS, R. 2006).....	68

Figura 16 – Foto de faixa com predominância de Neossolos Litólicos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (CAMPOS, R. 2006).....	70
Figura 17 – Mapa do Fator K da EUPS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas	71
Figura 18 – Gráfico de distribuição percentual das declividades da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006)	72
Figura 19 – Mapa de Clinográfico (Declividade) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas	73
Figura 20 – Gráfico de distribuição percentual do Fator LS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006)	74
Figura 21 – Mapa do Fator LS da EUPS (Fator Topográfico) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	75
Figura 22 – Gráfico de distribuição percentual do Potencial Erosivo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006)	77
Figura 23 – Foto de área com presença de processos erosivos decorrentes da concentração de fluxo. (CAMPOS, R. 2006).....	77
Figura 24 – Mapa Erosão Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	78
Figura 25 – Gráfico de distribuição percentual de Uso do solo – Fator C – da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	79
Figura 26 – Mapa de Fator C – Uso Atual do Solo – da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	80
Figura 27 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão do Uso Atual – EUPS – da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	81
Figura 28 – Mapa de Simulação de Erosão do Uso Atual do Solo (EUPS) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	82
Figura 29 – Gráfico de comparação da Erosão Potencial com a Simulação de Erosão Atual (EUPS) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	84
Figura 30 – Foto da área de cabeceira da B.H. do Ribeirão das Marrecas. (CAMPOS, R. 2006)	85

Figura 31 – Foto da área de nascente com posterior represamento, o 1º de 7. (CAMPOS, R. 2006)	85
Figura 32 – Foto de área agrícola com presença de erosão laminar. (CAMPOS, R. 2006)	85
Figura 33 – Foto do último represamento do Ribeirão das Marrecas, à margens da PR 445. (CAMPOS, R. 2006).....	85
Figura 34 – Foto da área urbana do Distrito de Irerê na margem direita, com remanescente florestal na margem esquerda, ao fundo. (CAMPOS, R. 2006)	85
Figura 35 – Foto de cultura de café nas declividades mais acentuadas. (CAMPOS, R. 2006)	86
Figura 36 – Foto de cultura de café em área de Neossolos. (CAMPOS, R. 2006).....	86
Figura 37 – Foto de área agrícola com plantio direto e cultura de café ao fundo em área declivosa. (CAMPOS, R. 2006).....	86
Figura 38 – Foto de cultura de café no alto dos espigões e cultivo em plantio direto nas regiões mais baixas. (CAMPOS, R. 2006).....	86
Figura 39 – Foto de cultura temporária (plantio direto) com presença de murunduns. (CAMPOS, R. 2006).....	86
Figura 40 – Foto de cultivo de milho “safrinha” – os terraços são de base larga para viabilizar o uso extensivo da terra. (CAMPOS, R. 2006).....	87
Figura 41 – Foto de solo degradado pela erosão laminar, perda de área cultivável. (CAMPOS, R. 2006).....	87
Figura 42 – Foto de outro aspecto do solo degradado. (CAMPOS, R. 2006)	87
Figura 43 – Foto de murunduns usados para tentar conter a erosão próxima as estradas rurais. (CAMPOS, R. 2006).....	87
Figura 44 – Foto de plantio direto, porém a presença de terraços é de difícil visibilidade, devido ao seu quase desmonte. (CAMPOS, R. 2006).....	87
Figura 45 – Foto de cultura de soja em plantio direto. (CAMPOS, R. 2006)	88
Figura 46 – Foto de outro aspecto da área, remanescente florestal, que resiste devido a alta declividade. (CAMPOS, R. 2006).....	88

Figura 47 – Foto de lavoura sem cultivo, nota-se que os terraços estão quase planificados. (CAMPOS, R. 2006).....	88
Figura 48 – Foto de área com profundas feições erosivas à margem da estrada. (CAMPOS, R. 2006).....	88
Figura 49 – Foto de ravina profunda que se não controlada pode evoluir para voçorocamento. (CAMPOS, R. 2006).....	88
Figura 50 – Foto de área com o processo erosivo já formando sulcos – ineficiência dos terraços de base larga, neste caso. (CAMPOS, R. 2006).....	89
Figura 51 – Foto de outra área na mesma situação da imagem anterior. (CAMPOS, R. 2006).....	89
Figura 52 – Foto extração de “moledo” para capeamento das estradas rurais da região. (CAMPOS, R. 2006).....	89
Figura 53 – Foto rocha intemperizada usada para “moledo” de capeamento. (CAMPOS, R. 2006).....	89
Figura 54 – Foto panorâmica do médio curso visando à jusante da bacia. (CAMPOS, R. 2006).....	89
Figura 55 – Foto de área com menor identificação de processos erosivos visíveis. (CAMPOS, R. 2006).....	90
Figura 56 – Foto de área próxima a foz, em destaque a sede do Distrito de Maravilha. (CAMPOS, R. 2006).....	90
Figura 57 – Foto da área de foz com o Rio Tibagi, desprovida de mata ciliar. (CAMPOS, R. 2006).....	90
Figura 58 – Foto do Ribeirão Marrecas à poucos metros da sua foz. (CAMPOS, R. 2006).....	90
Figura 59 – Foto da desembocadura com o Rio Tigabi, bacia da qual o Ribeirão das Marrecas é tributário.....	90
Figura 60 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão de Uso com Pastagem na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	92
Figura 61 – Foto de pastagem degradada em área de declividade acentuada	
Figura 62 – Mapa de Simulação de Erosão de Uso com Pastagem na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas....	92

Figura 62 – Mapa de Simulação de Erosão de Uso com Pastagem na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	93
Figura 63 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão do Uso Atual com Cordão Vegetado na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	94
Figura 64 – Mapa de Simulação de Erosão do Uso Atual do Solo (EUPS) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	95
Figura 65 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão no Uso Cultivo de Cana-de-Açúcar na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	96
Figura 66 – Mapa de Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Cana-de-Açúcar na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	97
Figura 67 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Café na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	98
Figura 68 – Mapa de Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Café na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	99
Figura 69 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Mandioca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	100
Figura 70 – Mapa de Simulação de Erosão de Uso de Cultivo de Mandioca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	101
Figura 71 – Gráfico comparativo entre as formas de Uso do solo. (Org.: CAMPOS, R. 2006).....	102
Figura 72 – Mapa de Proposta de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas, baseado na Legislação Ambiental	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela Sinótica – Classificação taxionômica dos fatos geomorfológicos (Adaptado de TRICART, 1965).....	28
Tabela 2 – Determinação do Fator K para os solos da área de estudo.....	62
Tabela 3 – Valores do Fator C estabelecidos para a área.....	63
Tabela 4 – Complemento dos valores de Fator C para as simulações de uso na área de estudo	63
Tabela 5 – Estimativa do Fator R para Londrina.....	69
Tabela 6 – Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas em km ²	72
Tabela 7 – Divisão das Classes de Fragilidade referente ao Fator LS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	74
Tabela 8 – Classes de Fragilidade referentes à Erosão Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	76
Tabela 9 – Distribuição das classes de Uso do Solo – Fator C em Km ² da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	79
Tabela 10 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão do Uso Atual da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas	81
Tabela 11 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão de Uso com Pastagem na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	91
Tabela 12 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão do Uso Atual com Cordão Vegetado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	94
Tabela 13 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Cana-de-Açúcar na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	96
Tabela 14 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Café na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	98
Tabela 15 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Mandioca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas	100

SÚMARIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
2.1 PRINCIPAIS ASPECTOS FÍSICOS	23
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	32
3.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE	32
3.2 A QUESTÃO AMBIENTAL	35
3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS	36
3.4 A EROÇÃO DOS SOLOS	40
3.4.1 Erosão Pluvial	45
3.5 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO	52
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	56
4.1 MATERIAIS	56
4.2 MÉTODOS	57
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1 O ESTADO AMBIENTAL DA BACIA E SUA RELAÇÃO COM O USO DO SOLO	66
5.2 SIMULAÇÕES E PROPOSTAS DE USO DO SOLO	91
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS	105

1 INTRODUÇÃO

Durante o século passado presenciou-se uma explosão demográfica, tecnológica e grandes mudanças de hábitos na população mundial. Os problemas passaram a ser de ordem global, pois o conhecimento desses fatos também passou a ser de interesse geral. Com a globalização das informações e dos conhecimentos, evidenciou-se a situação do meio-ambiente no planeta, direcionando forças para a idéia de que a humanidade deveria repensar o modelo de exploração dos recursos naturais (Estocolmo-72, Rio-92, Agenda 21, Joanesburgo, Rio + 10, entre outros), e até mesmo dos paradigmas sócio-econômicos (CAMPOS; MACHADO; STIPP, 2005b). Nesta ótica, este trabalho procurou fazer uma abordagem factual nesse oceano de conhecimentos e discussões, a cerca dos problemas ambientais vigentes na sociedade atual. Elegeu-se como unidade de estudo a Bacia Hidrográfica, mais especificamente os processos físicos que se apresentam nesta área de estudo e as transformações oriundas da ação antrópica.

Já existem no Brasil e no Paraná trabalhos que tiveram por base a bacia hidrográfica como unidade de pesquisa, assim vários trabalhos integrados cuja metodologia exigia equipe multi e interdisciplinar foram desenvolvidos com a participação de Instituições de Ensino Superior e outras ligadas ao meio ambiente, com ou sem a participação de governos (CAMPOS; MACHADO; STIPP, 2005b).

A difusão destes estudos possibilitou o aprofundamento teóricometodológico das relações que envolvem a apropriação da natureza pelos diferentes grupos sociais.

Inicialmente as pesquisas estavam voltadas para a preservação dos recursos naturais, mais recentemente passaram a englobar abordagens mais complexas envolvendo uma gama maior de outras temáticas tais como a conservação dos solos, o aumento da produtividade, a recuperação das matas ciliares, os aspectos sócio-econômicos.

Os estudos ambientais no espaço geográfico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas no Município de Londrina – Pr., tem como objetivo geral analisar o atual estado ambiental em que ela se encontra, levando-se em conta suas classes de fragilidade quanto à erosão.

A interação entre os recursos da natureza e as formas de sua utilização pelo homem figura entre os principais responsáveis pela construção do espaço geográfico.

As paisagens derivadas das relações entre a sociedade e a natureza revelam exteriormente, indicadores a respeito da essência dos processos naturais e sócio-econômicos que intervêm na estruturação desse espaço geográfico.

As transformações espaciais que ocorrem na área de uma bacia hidrográfica não se prendem a eventos circunscritos apenas a essa unidade de área. O que se evidencia é o resultado de acontecimentos e dinâmicas sócio-espaciais que ocorreram no passado e ocorrem na atualidade em diferentes escalas geográficas de análise.

O meio ambiente desse espaço pode ser descrito no seu aspecto morfológico como uma região de relevo movimentado com variáveis altitudes, em sua maior parte coexistindo com cursos d'água menores que na maioria das vezes são tributários de um curso d'água maior. A complexidade morfológica desse meio ambiente faz surgir paisagens diferentes ao longo de toda a bacia hidrográfica.

Nesse cenário observou-se a predominância dos Nitossolos Vermelhos Eutroféricos e a atuação de um clima subtropical úmido (Cfa) com chuvas em todas as estações, podendo ocorrer seca no período de inverno. Existiria aí um equilíbrio da dinâmica ambiental entre os processos morfoclimáticos, pedológicos, hidrológicos e biogênicos senão houvesse o rompimento desse estado pela ação antrópica de caráter predatório.

Os processos erosivos que ocorrem nesse ambiente rural devem ser estudados com a utilização de diferentes abordagens, podendo buscar a quantificação das perdas de solo por erosão, a avaliação qualitativa do comportamento erosivo dos terrenos, os processos erosivos por escoamento laminar ou difuso e por concentração de fluxos de água (sulcos, ravinas e voçorocas) (SALOMÃO in GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999).

Os esforços para prever matematicamente a erosão de solo pela água possuem pouco mais de meio século. A evolução da tecnologia da predição de erosão publicada iniciou-se com as análises realizadas por Cook, em 1936 (apud WISCHMEIER; SMITH, 1965), que listou quatro parâmetros principais na perda de solo pela erosão da água: susceptibilidade do solo à erosão, potencial erosivo da

precipitação, escoamento superficial e proteção exercida ao solo pela cobertura das plantas.

O processo de erosão e sedimentação pela água envolve os processos de desagregação, transporte e deposição das partículas do solo (FOSTER, 1982 apud RENARD et al., 1997). As maiores forças provêm do impacto da chuva e a forma com que a água flui sobre a superfície do solo. A erosão pode silenciosamente expor a superfície do solo, com a chuva erodindo uma quantidade muito grande de solo, mas se torna dramática quando o fluxo de água concentra-se e cria intenso sistema de sulcos e fendas.

Assim os objetivos específicos deste trabalho se prenderam ao desenvolvimento de várias ações tais como:

- Análise do estado ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas;
- Elaboração de base de dados físicos e sócio-ambientais da referida bacia hidrográfica;
- Cálculo da média de perda de solo no espaço da bacia, evidenciando sua capacidade de erodibilidade;
- Identificação do potencial dos recursos naturais da região;
- Proposição de formas de uso racional do solo na área.

Levando-se em conta esses problemas ambientais elencados anteriormente esta pesquisa se estruturou em vários momentos. O primeiro apresenta a caracterização da área de estudo abordando aspectos climáticos, geomorfológicos, pedológicos de cobertura vegetal e hidrológicos buscando a elaboração de uma base de dados para posterior análise. O segundo apresenta a bacia hidrográfica como uma unidade de análise abordando a questão ambiental e os impactos ambientais. O terceiro apresenta os diferentes tipos de erosão dos solos correspondendo ao referencial teórico. O quarto momento enfoca os procedimentos metodológicos através dos materiais e métodos, atividades realizados para o desenvolvimento da temática proposta. No quinto momento avalia-se o estado ambiental da bacia destacando-se o processo de uso e ocupação dos solos, as transformações ocorridas, os conflitos de uso da terra aí identificados.

A partir daí foram apresentadas propostas de uso da terra não só levando-se em conta a aptidão agrícola como também as tendências econômicas.

2 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas é proeminentemente de uso agropecuário, com uma área de aproximadamente 72,48 km², nela estão localizadas as sedes de três Aglomerações urbanas, os Distritos de: Irerê, Paiquerê e Maravilha no Município de Londrina, Paraná.

A área de estudo está localizada a sudeste do Município de Londrina, mais precisamente a 9 km de sua sede (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 51° 09' 32" e 50° 57' 52" Oeste, 23° 31' 41" e 23° 26' 22" Sul. O Ribeirão das Marrecas é popularmente conhecido como Água das Marrecas, tem sua nascente na zona rural, dentro da Fazenda Vista Alegre (Figura 3) no Distrito de Irerê (Irerê: nome indígena para uma ave chamada Marreca), fundado em 1932 onde se localizava a antiga Fazenda Marrecas, e sua foz na Fazenda dos Manoel Garcia (Figura 4) no Distrito de Maravilha, onde ocorre sua confluência com a bacia principal, a Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (CAMPOS; MACHADO; STIPP, 2005b).

Essa bacia drena parte dos distritos de Irerê, Paiquerê e Maravilha, é cortada pelo Trópico de Capricórnio à jusante na altura de sua desembocadura no Rio Tibagi, bacia da qual é tributária, que contribui para a Bacia do Paranapanema, que por sua vez faz parte da grande Bacia do Rio Paraná.

Apresenta relevo suave ondulado com altitudes que variam de 360m a 680m (Figura 2 e 3), com predominância de Nitossolos Vermelhos Eutroféricos. A distribuição média anual da precipitação no Município de Londrina é de 1.600mm, o clima é subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, sem estação seca de inverno definida e a temperatura média anual varia entre 17° a 22° C.

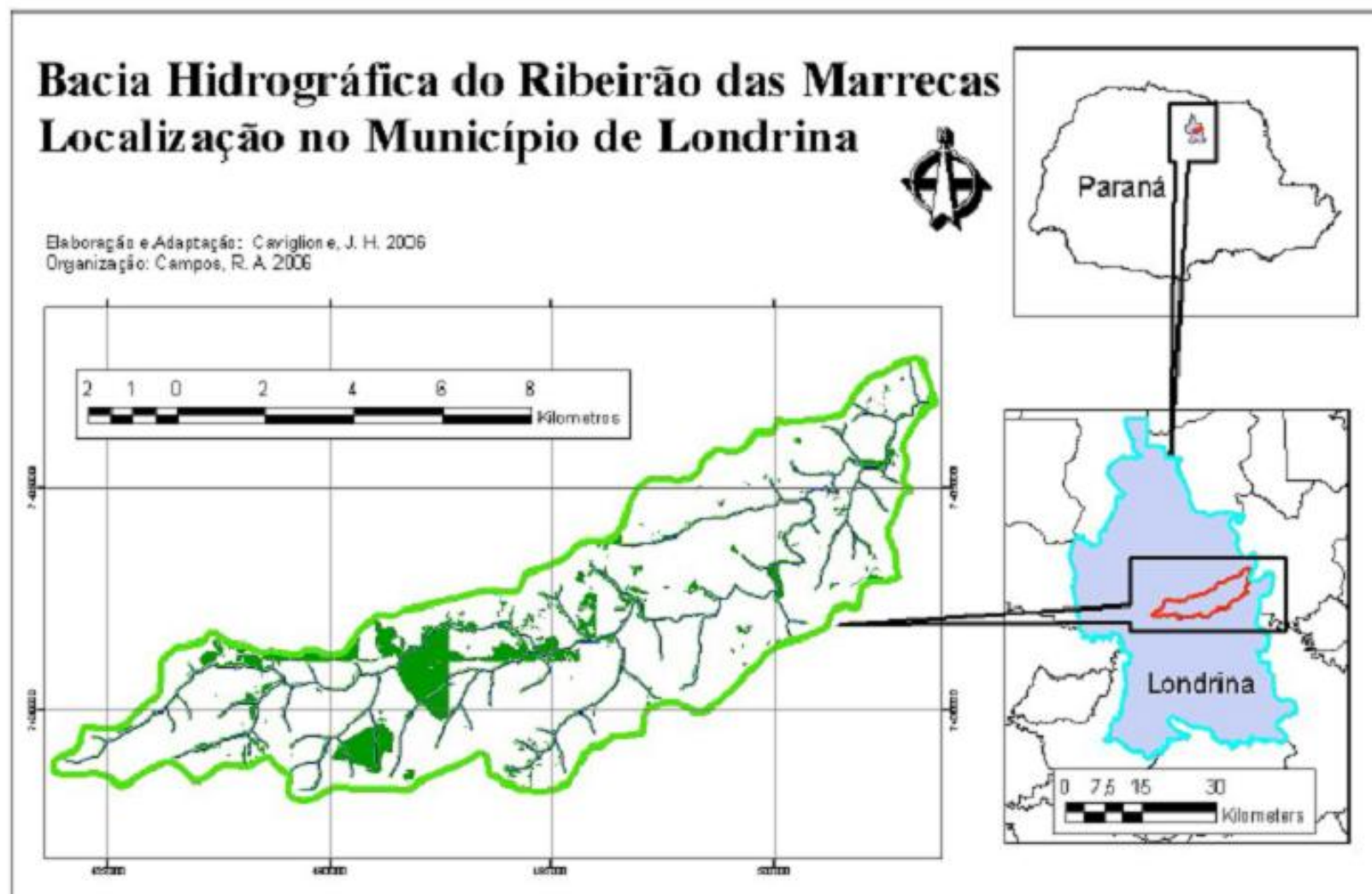


Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas em relação ao Município de Londrina – PR.

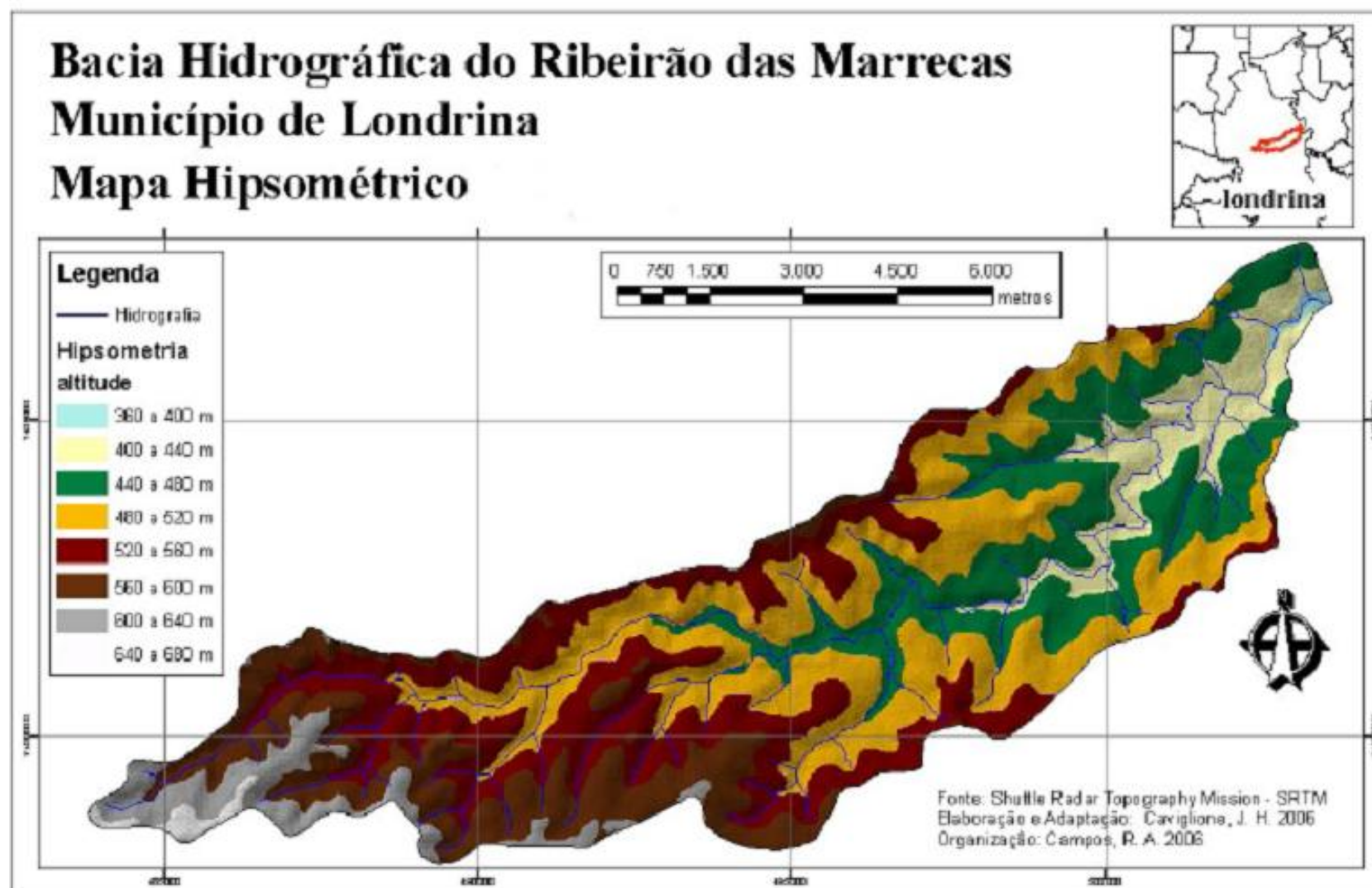


Figura 2 – Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.



Figura 3 – Foto da área da nascente do Ribeirão das Marrecas, com predominância de gramíneas e Eucaliptos.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 4 – Foto da área da foz do Ribeirão das Marrecas com o Rio Tibagi.

Fonte: Campos, R. (2006)

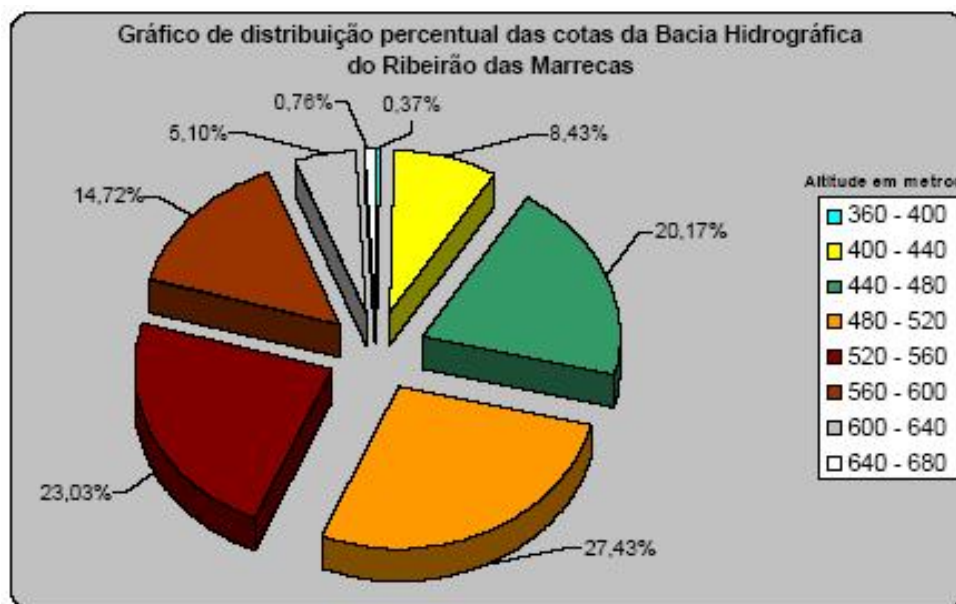


Figura 5 – Gráfico de distribuição percentual das cotas altimétricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (Org.: CAMPOS, R. 2006)

2.1 PRINCIPAIS ASPECTOS FÍSICOS

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas está inserida no Terceiro Planalto Paranaense, caracterizado por espessos derrames de lavas básicas muito compactas do “trapp” do Paraná, que remontam a era mesozóica, e arenitos eólicos denominados São Bento “intertrapp” (MAACK, 2002). Além delas, há intrusões de rochas diabásicas em diques e diabásios periféricos, de grande importância para o relevo da região que, por influência dos derrames basálticos, apresentam-se como forma topográfica predominante, elevações de topo achatado e encostas pouco abruptas e seccionadas pelos cursos d’água, formando espigões.

Sua estrutura apresenta uma leve inclinação de leste para oeste em direção ao Rio Paraná. Por outro lado, o relevo desta bacia apresenta um suave declive de oeste para leste (direcionando a drenagem para o Rio Tibagi).

Clima

Quanto ao clima da região Norte paranaense, mais especificamente o Município de Londrina, onde está inserida a Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas, é definido através das classificações de Koppen (apud IAPAR, 2000).

Segundo essa classificação, cuja sistemática se fundamenta nos regimes térmico e pluviométrico e na distribuição das associações vegetais, aparece como pertencente ao tipo climático Cfa, ou seja, clima subtropical úmido, com chuvas em todas as estações, podendo ocorrer seca no período de inverno (IAPAR, 2000).

O regime pluviométrico do Município de Londrina apresenta um total médio em torno de 1600mm por ano (1975 – 1999). Os meses mais chuvosos são dezembro e janeiro (média de 210mm), e o menos chuvoso é o mês de agosto (média de 51mm) conforme demonstra a figura 6 (IAPAR, 2000).

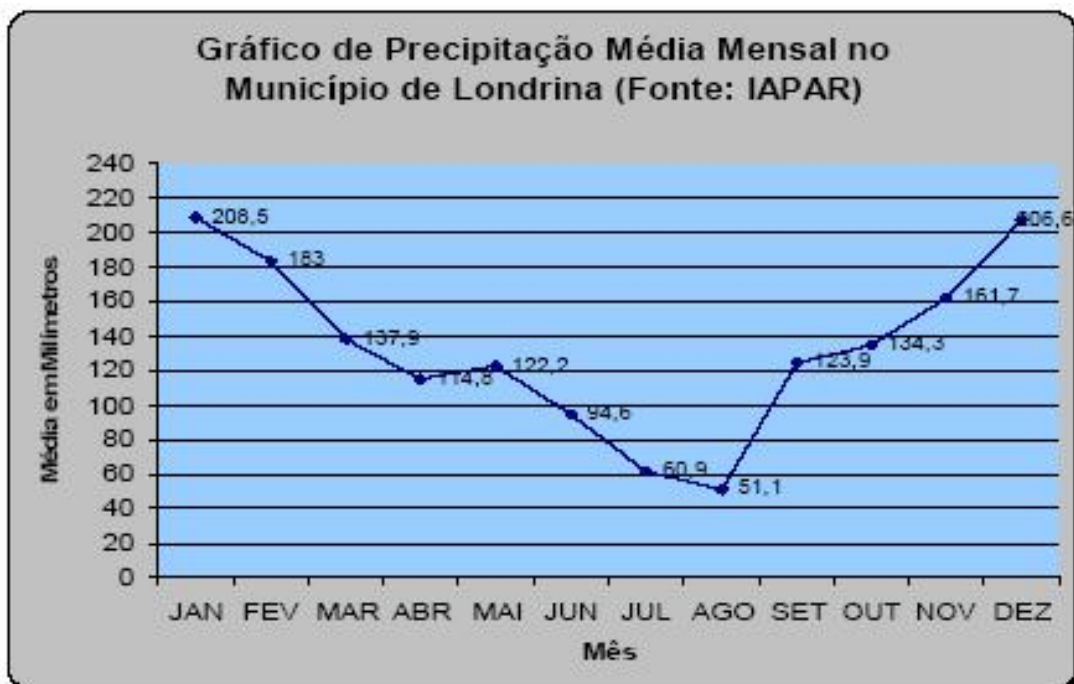


Figura 6 – Gráfico de Precipitação média (1975 – 1999) para o Município de Londrina – Pr.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

A temperatura média anual na área de estudo fica entre 21 e 22° C, sendo a média dos meses mais quentes de 27 a 28° C e nos meses mais frios de 16 a 17° C, conforme classificação do IAPAR em 2000 (IAPAR, 2000).

Vegetação

A vegetação é o reflexo da interação de um conjunto de fatores naturais, entre os quais figuram notadamente a altitude, latitude, clima e a formação pedológica.

Segundo o Atlas do Estado do Paraná (1987) a distribuição das áreas de mata do Paraná segue, em linhas gerais, a distribuição das principais zonas climáticas do Estado, de acordo com Koppen.

A cobertura vegetal da área de estudo se caracteriza como Mata Pluvial-Tropical dos Planaltos do interior, e se desenvolve sobre solos férteis (Nitossolo Vermelho Eutroférico; Latossolo Vermelho Eutroférico e Neossolos Litólicos Eutróficos – Figura 7), provenientes da decomposição das lavas básicas da camada do “trapp”. Essa Mata Pluvial-Tropical da parte Norte do Terceiro Planalto do Paraná e de seus vales fluviais, representam uma variação da Mata Pluvial-Tropical do Litoral (MAACK, 2002).

As boas características do solo permitiram o desenvolvimento de uma pequena vegetação compacta e exuberante (Figura 7). Sob esta vegetação, os solos acham-se recobertos de serrapilheira, constituída de galhos, folhas e frutos ressequidos ou em decomposição (CAMPOS; PIMENTA, STIPP, 2005).



Figura 7 – Foto de Remanescente Florestal com vegetação característica da cobertura original.

Fonte: Campos, R. (2006)

A Floresta Perenifólia ocorre em diversos tipos de solos, como Nitossolos e Latossolos. Estes geralmente apresentam perfis profundos, com boas propriedades físicas e alta capacidade de retenção de água (CAMPOS; PIMENTA, STIPP, 2005).

Relevo

Segundo Rodrigues (2000, p. 167) *“A superfície das vertentes é controlada por variáveis internas e externas. Da relação de forças entre estas variáveis depende o equilíbrio dinâmico do relevo”*. Porém a ação antrópica altera esta relação de forma rápida e concentrada como afirma Drew (1986 apud RODRIGUES, 2000, p. 168):

“Observa-se naturalmente que os processos de alteração do relevo ocorrem com uma circulação de energia antes difusa do que concentrada. Dessa forma, não são facilmente ‘controláveis’. Os pontos de influência são poucos e altos os limiares a alterar; as mudanças feitas pelo homem são antes locais do que regionais e mais intensivas do que extensivas.”

Sendo assim, compreende-se que os processos que dar-se-á maior ênfase neste trabalho estão relacionados a acontecimentos concentrados de modificação da paisagem, ou seja, os processos erosivos acelerados pelo fator antropogenético, que conforme mostra Tabela 1, enquadrando o evento geomorfologicamente pontual à escala de tempo humana, mesmo porque o homem ainda não adquiriu tecnologia suficiente para modificar estruturalmente unidades morfodinâmicas maiores.

Neste sentido Rodrigues (2000, p. 168) afirma que:

“A atuação humana sobre o meio físico é um componente externo ao processo de evolução natural das formas de relevo e que hoje é altamente condicionadora dos processos geomorfológicos que atuam na evolução do relevo. A ação humana ocorre de forma direta no modelamento das formas de relevo, seja do ponto de vista de uma modificação direta do relevo, como no caso de cortes, aterros, abertura de sistema viário, impermeabilização do solo, criação de nova morfologia através das edificações nas áreas urbanas, seja pela exposição do solo aos agentes climáticos nas áreas rurais, através da retirada da cobertura vegetal, aração, gradeação e outras formas de movimentação de terra.”

O relevo da na região da bacia é caracterizado por paisagens de espigões e chapadas originadas dos derrames basálticos (trapp), com nível de denudação Pós-Gondwana, Eo- e Neo-Cretáceo (MAACK, 2002). Relevo suave ondulado no alto dos divisores de água, acentuando o grau de declividade conforme se aproxima dos vales fluviais.

Tabela 1 – Tabela Sinótica – Classificação taxionômica dos fatos geomorfológicos (Adaptado de TRICART, 1965).

Unidade em km ²	Características das Unidades, exemplos	Unidades climáticas correspondentes	Mecanismos genéticos que comandam o relevo	Ordem de grandeza temporal
10 ⁹	Continentes, Bacias Oceânicas (Configuração do Globo)	Grandes conjuntos zonais comandados pelos fatores astronômicos	Diferenciação da crosta terrestre, Sial e Sima	10 ⁹ anos
10 ⁸	Grandes conjuntos estruturais (Escudo Escandinavo, Bacia do Congo)	Grandes tipos de climas (interferência de influências geográficas através de fatores astronômicos)	Movimentos da crosta terrestre, como formação de geosinclinais. Influências climáticas sobre a dissecação	10 ⁸ anos
10 ⁷	Grandes unidades estruturais (Bacia de Paris, Maciço do Jura, Maciço Central)	Nuances dentro dos tipos climáticos, mas com pequena importância para a dissecação.	Unidades tectônicas que podem ter ligações com a paleogeografia. Velocidade de dissecação influenciada pela litologia	10 ⁷ anos
10 ⁶	Unidades tectônicas elementares: maciços, montanhas, horst e fossas	Climas regionais influenciados geograficamente sobretudo nas regiões montanhosas	Influência predominante da tectônica, secundariamente da litologia	10 ⁶ anos
Limiar de compensação isostática				
10 ⁵	Acidentes tectônicos: Anticlinais, sinclinais, montes, vales, etc.	Climas locais, influenciados pela disposição do relevo: topografia montanhosa	Predomínio da litologia e da tecto-estática. Influências estruturais clássicas	10 ⁵ anos a 10 ⁷ anos
10 ⁴	Formas de relevo: terraços, circos e morrains glaciais, cones de dejeção	Mesoclimas ligados diretamente a forma (nicho de nivação, por exemplo)	Predominância de fatores morfodinâmicos, influência da litologia	10 ⁴ anos
10 ³	Microformas: depósitos de solifluxão, solos poligonais, ravinas	Microclima diretamente ligado a forma por autocatálise (exemplo: lapies)	Idem	10 ³ anos
10 ²	Microscópicas: detalhes de corrosão, etc.	Meios microscópicos	Interferência da dinâmica e da textura da rocha	

Fonte: Rodrigues (2000, p. 171)

Solos

Na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas predomina os solos do tipo NVEf – Nitossolos Vermelhos Eutroféricos (Figura 8), que são solos bem desenvolvidos, oriundos de rochas eruptivas básicas, apresentando maior concentração de argila no horizonte superficial, sendo bem estruturados e de porosidade irregular, apresenta cerosidade, grande saturação de base e boa drenagem. São solos que naturalmente possuem alto teor de fertilidade e ótimo potencial produtivo (STIPP, 2000; EMBRAPA, 1999).

Em algumas faixas encontram-se os solos do tipo RLe – Neossolos Litólicos Eutróficos. São solos jovens rasos que ocorrem principalmente nas

vertentes de relevo ondulado próximas ao interflúvio. Na área da bacia esses solos tem como matriz as rochas eruptivas básicas, possuindo alta fertilidade e podendo ser utilizados para o manuseio agrícola, contanto que se respeite sua capacidade de uso (STIPP, 2000; EMBRAPA, 1999).

Outro tipo de solo comumente encontrado nesta bacia é o LVe – Latossolos Vermelhos Eutróficos, que são solos bem formados, com profundidades que ultrapassam os três metros, de coloração vermelha escura, possuindo alto teor de argila (mais de 60%), porosos e acentuadamente drenados, também tem como origem as rochas eruptivas básicas (basaltos e diabásios), com alto teor de Fe_2O_3 . Ocorrem principalmente em relevos planos a suave ondulados e possuem naturalmente um alto teor de fertilidade, portanto, são extremamente aptos ao manuseio agrícola (STIPP, 2000; EMBRAPA, 1999).

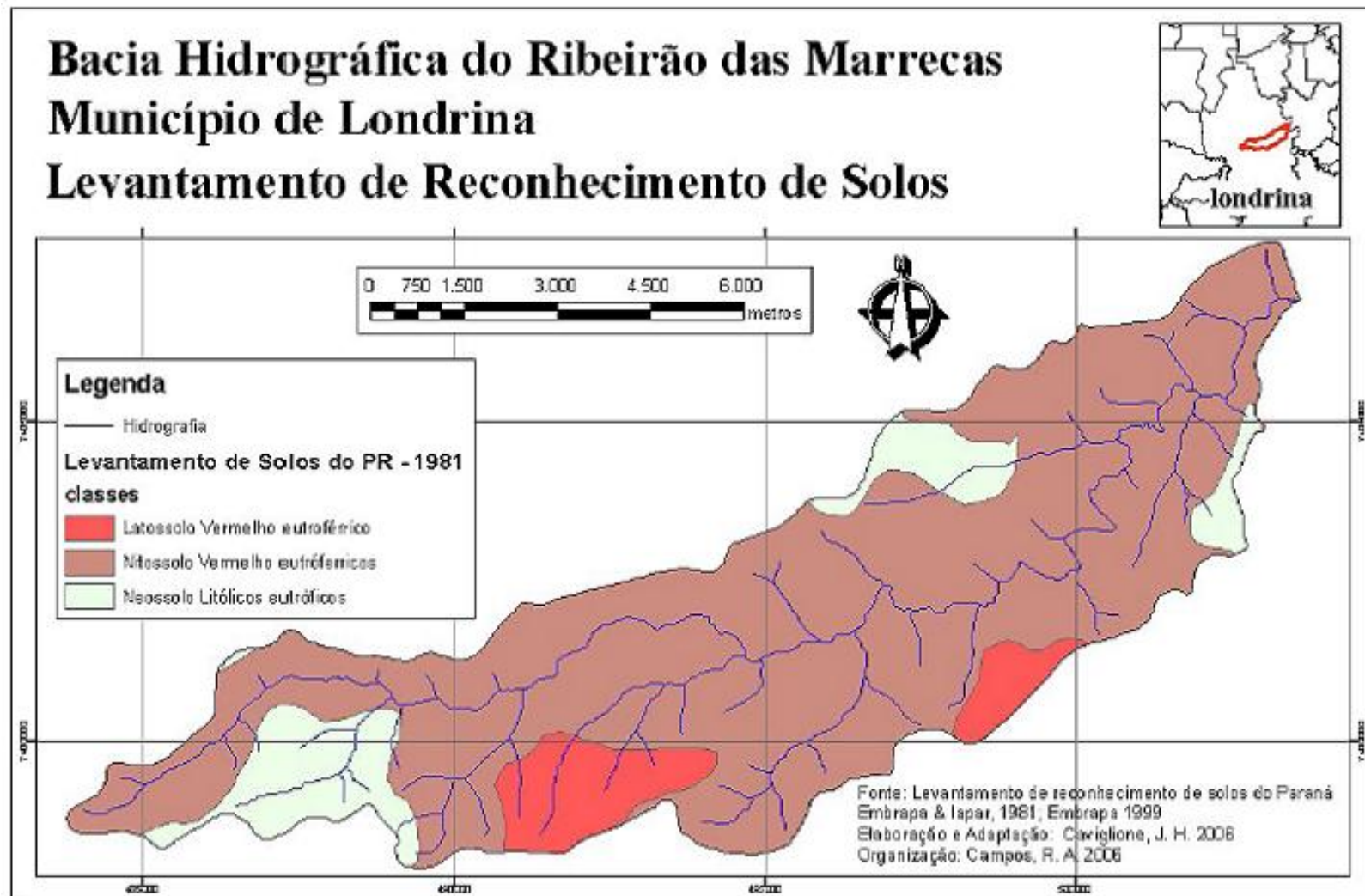


Figura 8 – Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas

Fonte: (EMBRAPA; IAPAR, 1981; EMBRAPA, 1999).

Hidrografia

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas é formada por aproximadamente 18 afluentes na margem esquerda e 33 afluentes na margem direita, totalizando 51 canais fluviais mapeados na bacia (inclusive o canal principal – Ribeirão das Marrecas), segundo classificação de Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI, 1980) é de quarta ordem.

Segundo Christofolletti (1980, p. 106):

“A hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias hidrográficas”.

A bacia apresenta forma retangular, formando um padrão de drenagem dendrítica subparalela (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Esta bacia é tributária da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi, que por sua vez é considerada o principal afluente da Bacia hidrográfica do Paranapanema, sendo que este aflui para a grande Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Há muito vem se observando que o uso e a ocupação do solo resulta em desequilíbrios no meio físico, os quais podem ser constatados pela intensificação da erosão dos solos, perda de reserva de seus nutrientes, contaminação físico-química dos recursos hídricos e prováveis alterações estruturais dos sistemas hidrográficos, como, por exemplo, assoreamento de várzeas, reservatórios e canais fluviais (VALÉRIO FILHO, 1995).

3.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE

Christofolletti (1980, p. 102), define bacia hidrográfica como uma *“área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial”*. Os fatores que compõem este ambiente interagem entre si, originando processos inter-relacionados, definindo as paisagens geográficas, que apresentam potencial de utilização baseado nas características de seus componentes: substrato geológico, formas e processos geomorfológicos, mecanismos hidro-meteorológicos e hidrogeológicos.

O uso dessa unidade natural possibilita uma visão sistêmica e integrada devido à clara delimitação e à natural interdependência de processos climatológicos, hidrológicos, geológicos e ecológicos. Sobre esses subsistemas atuam as forças antropogênicas, em que atividades e sistemas econômicos, sociais e biogeofísicos interagem (AB’SABER; MULLER-PLANTENBERG, 1998).

A deterioração da qualidade da água das bacias hidrográficas em cujas áreas se localizam as cidades é algo freqüente na maioria dos países. A concentração de empreendimentos industriais nas margens das redes de drenagem contribui para a elevação das cargas de sedimentos, efluentes e resíduos sólidos no sistema fluvial urbano.

“Virtualmente, todos os aspectos do ambiente são alterados pela urbanização e a industrialização, inclusive o relevo, o uso da terra, a vegetação, a hidrologia e o clima [...] a exemplo, as alterações hídricas “[...] iniciadas na parte urbanizada de uma bacia hidrográfica poderiam produzir efeito a montante da corrente e ainda mais a jusante, possivelmente modificando o funcionamento de toda a bacia.” (DREW, 1986).

Emater (1987) propõe um conceito mais simplificado de bacia hidrográfica como sendo “uma área drenada por um curso d’água ou sistemas de cursos d’água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou espelho d’água”.

Beltrame (1994, p. 15) afirma que:

“As características da rede de drenagem, por sua vez, influenciada pela declividade e pelo substrato rochoso, também refletem o potencial de degradação dos recursos naturais renováveis. Quanto mais difícil a infiltração da água, maior o escoamento superficial, o que conseqüentemente levará a uma maior esculturação dos canais. Isso pode explicar a relação entre densidade de drenagem e sua influência no potencial erosivo de uma Bacia Hidrográfica.”

Guerra e Guerra (1997, p. 76) conceitua bacia hidrográfica como “um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes”. E complementam que:

“nas depressões longitudinais se verifica a concentração das águas das chuvas, isto é, do lençol de escoamento superficial, dando o lençol concentrado – os rios. A noção de bacia hidrográfica obriga naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d’água, cursos d’água principais, afluentes, subafluentes etc.” (GUERRA; GUERRA, 1997, p. 76-7)

Para Guerra e Cunha (1998) a bacia hidrográfica se constitui num elemento formador de paisagens e relevos, resultado de mecanismos erosivodepositivos, resultantes da interação de diversos fatores: bióticos - fauna e flora; abióticos - clima, rocha, solo e posição topográfica; e antrópicos, que na atualidade é o mais proeminente modificador do meio ambiente, causando grandes impactos à paisagem e ao equilíbrio dos sistemas ambientais. Definem bacia hidrográfica como sendo “uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial” (COELHO NETTO, 1998, p. 97-8).

“A bacia hidrográfica tem sido adotada internacionalmente como unidade física territorial básica para o planejamento e a gestão de recursos naturais principalmente hídricos. Sendo a água de um manancial o resultado da drenagem da sua bacia, sua qualidade, portanto, suas características físicas, químicas, biológicas e ecológicas, encontram-se sempre na dependência direta das ações (uso e ocupação) que se realizam no solo dessa bacia, bem como do grau de controle que se tem (ou não se tem) sobre essas fontes.” (MACHADO, 1998, p. 36).

Nessa mesma linha Ferretti (1998, p. 82) afirma em seu trabalho que:

“A bacia hidrográfica tem sido utilizada cada vez mais como unidade para o planejamento ambiental, hoje é reconhecida como a unidade para o manejo dos recursos hídricos. Trata-se de uma unidade física que pode ser bem delimitada e identificados os seus processos de funcionamento.”

O conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento ambiental tem sido utilizado há mais de trinta anos (TUNDISI, 2003).

Desde o final dos anos 60 ela vem sendo reconhecida como unidade espacial e recentemente vem sendo incorporada nos estudos e projetos de pesquisa de profissionais das diversas áreas das Ciências Ambientais.

Na contextualização de uma bacia hidrográfica, como unidade de observação e intervenção, pode-se deduzir que, para a elaboração e aplicação de um plano de gestão eficaz, deve-se obter o máximo de dados possíveis sobre a realidade pesquisada, e isso pode ser viabilizado e agilizado através de meios instrumentais (Sensoriamento Remoto e SIG, respectivamente). Isso é possível, uma vez que estes, proporcionam a aquisição, a análise e a integração dos dados, gerando informações que conduzem ao entendimento e conexão dos fragmentos da realidade, permitindo assim uma aproximação do conjunto da realidade pesquisada (OLIVEIRA, 2004).

A bacia hidrográfica, como unidade natural, integradora de processos e, como receptora dos impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas deve ser objeto de pesquisas e programas de medidas, visando a compreensão dos mecanismos do seu funcionamento e preservação dos seus recursos (MACHADO; CAMPOS; STIPP, 2005).

3.2 A QUESTÃO AMBIENTAL

A natureza exerce um grande fascínio nos seres humanos, algo idílico, remetendo à percepção do paraíso, da fantasia, do prazeroso, porém, o homem invariavelmente (dependendo de sua cultura), na prática tem uma relação conflituosa com seu meio, principalmente quando este meio é constituído de “*florestas selvagens*”, pois há a necessidade ancestral de se viver em savanas, áreas abertas e clareiras. A necessidade de construir o meio, transformá-lo de forma que garanta a sobrevivência da espécie – mesmo que isso seja prejudicial a longo prazo – é primordial no inconsciente coletivo (CAMPOS; PIMENTA; STIPP, 2005, RAMOS, 2001).

A questão dos problemas ambientais é antiga e inerente ao homem e à sua ação modificadora sobre a natureza. Após a Revolução Industrial a intensificação dos processos produtivos originou um desequilíbrio ambiental que atingiu a maior parte dos ecossistemas terrestres e aquáticos (CAMPOS; PIMENTA; STIPP, 2005; CONTI, 1997).

Portanto, discutir a questão ambiental significa tratar os problemas complexos advindos da industrialização, da pobreza e do desenvolvimento; até porque, hoje em dia a Educação Ambiental não se limita a apontar os mecanismos de desequilíbrio da natureza, mas revela também os interesses de diferentes grupos sociais frente aos impactos ambientais.

A nossa sociedade, por estar estruturada em sistema capitalista, por si mesma dificilmente resolveria todos os problemas de ordem ambiental, uma vez que isso afetaria em grande parte os processos produtivos, porém, acredita-se que para isso haja necessidade de uma consciência social onde a escola deva ser considerada como veículo ou um meio para essa aquisição.

A questão ambiental começa a se consolidar para o processo educativo com o advento da Conferência de Estocolmo, em 1972, e com a difusão da necessidade de “Educação Ambiental” a partir de 1977 na Conferência Intergovernamental de Tbilisi na Geórgia (RAMOS, 2001).

Segundo Dorst (1973) “a preservação do capital natural, incluindo o conjunto dos animais e dos vegetais, constitui, assim, o primeiro dever da *humanidade moderna*”.

Theodore Roosevelt (apud DORST, 1973, p. 1) coloca que:

“[...] Afinal, enriquecemo-nos pela utilização pródiga dos nossos recursos naturais e podemos com razão, orgulhar-nos do nosso progresso. Chegou porém, o momento de refletirmos seriamente sobre o que acontecerá quando as nossas florestas tiverem desaparecido, quando o carvão, o ferro e o petróleo se esgotarem, quando o solo estiver ainda mais empobrecido, levado para os rios, poluindo as águas, desnudando os campos e dificultando a navegação.”

Drew (1986) corrobora com esta percepção afirmando que “o homem não é uma criatura racional, embora haja quem pense o contrário. Suas atitudes para com a terra e suas reações ao ambiente têm variado através do tempo e ainda variam entre regiões e culturas”.

Para Ribeiro et al. (1991):

“A idéia do homem como elemento da natureza é recente no mundo ocidental. Esta idéia tem seus fundamentos no Darwinismo, que descrevia o homem como uma forma de vida sobre a terra e não como um ser dominante. As alterações prejudiciais ao ambiente resultante das atividades humanas, desembocaram na atual concepção ecológica, na qual o homem não passa de um mero componente do ecossistema geográfico”.

3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS

O mundo moderno sofreu um grave desequilíbrio em consequência da ação do homem, que tende não só para a eliminação da “vida selvagem”, como também para a destruição da harmonia do meio ambiente onde está destinado a viver (CAMPOS; PIMENTA; STIPP, 2005). Estas mudanças drásticas e rápidas do ponto de vista natural são Impactos Ambientais, que certamente afetam de forma decisiva alguns componentes do sistema natural, por vezes quebrando eles importantes, influenciando até à níveis geossistêmicos.

Segundo Rodrigues (2000, p. 172):

“A ação antrópica manifesta-se de diversas formas, produzindo resultados variando do efeito pontual à atuação em grandes extensões, podendo gerar efeitos que variam da pouca significância a acontecimentos catastróficos.

Neste sentido CETESB (1991 apud RODRIGUES, 2000, p. 172) afirma que:

“...nas condições climáticas atuais as vertentes estando em equilíbrio com a cobertura vegetal original fazem que os movimentos de massa fiquem restritos a zonas de fortes declividades. Porém, se o equilíbrio for rompido por uma ação humana (desmatamento, obras civis, etc.), esta passa a interagir face às suas características morfológicas potencializando os movimentos de massa.”

As alterações decorrentes da ação antrópica sempre culminam em impactos ambientais, e estes na quase totalidade atingem negativamente o equilíbrio natural dos sistemas direta e indiretamente afetados.

Ross (1994, p. 63) ainda ressalta que:

“A fragilidade dos ambientes naturais face as intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais.”

A ACIESP (1987 apud TOMMASI, 1993) define impacto ambiental como *“...toda ação ou atividade, natural ou antrópica, que produz alterações bruscas em todo o meio ambiente ou apenas em alguns componentes. De acordo com o tipo de alteração, pode ser ecológico, social ou econômico...”*. Porém outros autores discordam do componente “natural”, sendo correto afirmar que os impactos ambientais são decorrentes exclusivamente das alterações antrópicas do meio (CAMPOS; PIMENTA; STIPP, 2005; ROSS, 1994; COELHO, 2001 entre outros). Os desequilíbrios decorrentes exclusivamente dos fatores naturais (tsunamis, vulcanismos, terremotos, etc.) devem ser abordados de forma diferente de acordo com sua gênese.

Segundo Braga et al. (2002) o Poder Público brasileiro assumindo sua responsabilidade pela macro-gestão do meio ambiente define o que é “Impacto Ambiental”, através do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA no uso das atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 01 de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto, e considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, resolve:

Artigo 1º da Resolução nº 001 do CONAMA de 23 de janeiro de 1986, definiu “*impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam*”:

I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II. as atividades sociais e econômicas;

III. a biota;

IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V. e a qualidade dos recursos ambientais.

Braga et al. (2002) ainda afirma que é:

“[...] importante compreender que o conceito de impacto ambiental abrange apenas os desdobramentos resultantes da ação humana sobre o meio ambiente, ou seja, não considera as repercussões advindas de fenômenos naturais que se processem lentamente, ou na forma de catástrofes naturais, caso de tornados, erupções vulcânicas, terremotos etc.”

Há a necessidade de deixar claro que os seres humanos também são influenciados e prejudicados pelos impactos ambientais, quando trata-se da “ação antrópica” modificadora dos meios e do espaço, causadora de desequilíbrios, tem-se que tomar o cuidado de não distribuir injustamente o ônus à toda humanidade, como evidencia Coelho (2001), que a:

“[...] idéia generalizada pelo senso comum é a de que os seres humanos são, por natureza, depredadores e aceleradores dos processos erosivos. As vítimas dos impactos ambientais são, assim, responsabilizadas e transformadas em culpados.”

Seguindo esta lógica de pensamento, Coelho (2001) ainda afirma que:

“A incorporação da estrutura de classes à análise possibilitará perceber quem se apropria dos benefícios das atividades econômicas cujos custos são divididos com toda a sociedade [...] os impactos ambientais decorrentes de tais atividades são mais percebidos pelos setores menos favorecidos da população...”

Neste contexto não se deve entender que as populações estão totalmente eximidas da culpa pelas agressões impostas ao meio, apenas esclarece as relações de força e influência que cada seguimento possui, sendo assim, é justo afirmar que os interesses econômicos são o principal motor que impulsiona este modelo vigente de apropriação, sem respeito ou responsabilidade, dos recursos ambientais (naturais, humanos).

Coelho (2001) ainda afirma que:

“Impacto ambiental é, portanto, o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações no ambiente [...] Na produção dos impactos ambientais, as condições ecológicas alteram as condições culturais, sociais e históricas, e são por elas transformadas [...] é ao mesmo tempo produto e produtor de novos impactos.”

Ramos (2001, p. 216-7) corrobora enfatizando que:

“O debate sobre a questão ambiental, além de questionar os modelos de desenvolvimento e da escolha de modelos, formas e meios de atender às necessidades humanas, incorpora também uma reflexão filosófica sobre a natureza da relação que o ser humano estabelece com o seu meio ambiente.”

3.4 A EROSIÃO DOS SOLOS

O processo de erosão passa por três fases distintas: o destacamento das partículas do solo, o transporte pelas enxurradas e a sedimentação, em fundos de vale ou leitos dos rios.

O uso de máquinas e implementos, causa dois efeitos nos solos:

- A desagregação das partículas - arado -, deixando o solo sem cobertura, solto e sem estrutura na camada superficial;
- A compactação, nas camadas inferiores, reduzindo a infiltração das águas.

Nessas condições, as gotas das chuvas soltam as partículas, que, posteriormente são facilmente transportadas e em grande quantidade. Além disso, a redução da infiltração significa o aumento da quantidade de água que escoar na superfície, produzindo maior volume de enxurrada. A enxurrada transporta as partículas e pelo caminho origina sulcos que vão aumentando a cada chuva, podendo se transformar em voçorocas.

Quando as águas carregadas de partículas encontram menor declividade, reduzem a velocidade, possibilitando a sedimentação das partículas. Juntamente com esse material vão os fertilizantes e agrotóxicos que ficaram aderidos a ele, portanto, a água além de partículas sólidas, também transporta outros tipos de sedimentos solubilizados.

Esses sedimentos acumulam-se nos leitos dos rios e nos fundos de vale, alteram o ecossistema das margens, causando prejuízos a fauna e a flora – daí a importância das matas ciliares: a conservação do entorno dos rios e da biodiversidade.

Quando se acumulam no leito dos rios reduzem sua capacidade de escoamento, resultando no extravasamento das águas, em eventos que em condições naturais não ocorreriam.

Com a erosão, as partículas mais finas, argilas, ficam em suspensão nas águas correntes, aumentam sua turbidez, o que resulta na menor penetração de

luz solar e na redução da produção primária – algas fotossintéticas – da cadeia alimentar, ficando prejudicada a produção de todas as formas de vida aquática.

Hoje, muitas áreas agrícolas foram terraceadas devido às práticas conservacionistas tais como: sistema de plantio direto, a adubação verde, o plantio em nível, e muitas outras formas de conservação do solo e da água.

Tendo em vista as características geo-pedológicas dos solos paranaenses, principalmente aqueles com alta quantidade de areia, problemas de uso indiscriminado dos mesmos se fizeram sentir. Assim, conseqüências graves foram sentidas nas regiões do Arenito Caiuá, altamente susceptível a erosão, em suas diversas formas.

Também nos solos de base geológica basáltica, observam-se agressões violentas e irracionais, dadas as características de alta fertilidade natural, que condicionaram os produtores rurais e instituições do setor a desconsiderarem a preservação e/ou conservação dos solos, como fator básico de produção agrícola.

A incorporação de novas áreas aos processos produtivos, torna-se impossível agora, diante de uma agricultura que obedeceu a critérios essencialmente itinerantes. As fronteiras estão limitadas, incorrendo-se na necessidade de um aumento de produtividade por unidade de área, fator decisivo nos reflexos sócio-econômicos do Estado.

Segundo o IPT (1991 apud RODRIGUES, 2000, p. 172):

“A ocupação humana do solo representa o fator decisivo na aceleração dos processos erosivos, que são comandados pelos seguintes fatores naturais: 1) volume d’água que atinge o terreno, 2) cobertura vegetal, 3) tipo de solo/rocha, 4) lençol freático, e 5) topografia... Entre os principais fatores preparatórios de instabilização do terreno ‘a ação humana’ sendo que as diversas intervenções que o homem realiza no meio, como, por exemplo, corte, aterros, desmatamentos, concentrações de águas superficiais, vibrações, etc., modificam o equilíbrio das encostas, provocando sua instabilização.”

Muito se tem feito no sentido de despertar a consciência dos povos sobre a importância de se preservar o solo, neste sentido, Lepsch, (1976), enfatiza que o objetivo da conservação do solo é, portanto, o de fomentar o combate à erosão, na melhor utilização das terras de cultura e dos campos de pastagens. Os resultados observados até agora mostram que os agricultores podem preservar o

solo e proporcionar maior estabilidade a seus empreendimentos se, para isto, tiverem vontade, os meios materiais e os conhecimentos necessários. Uma vez que o solo é a base fundamental de qualquer nação, a sua conservação assume grande importância econômica, sendo garantia da própria estabilidade social do país. A conservação do solo, portanto, deve ser preocupação e responsabilidade, sem exceção, de todos os homens.

Por outro lado, já começou a aparecer sinais animadores do surgimento de uma nova mentalidade, que é a de cultivar o solo, procurando ao mesmo tempo conservá-lo e melhorá-lo. Esta nova fase está sendo implantada, principalmente, nas regiões de agricultura mais antiga do país, onde já existe, por parte do agricultor, uma mentalidade conservacionista e, por parte do governo, a filosofia de fornecer serviços de assistência ao lavrador para ensinar-lhe as práticas modernas de conservação do solo.

A degradação do solo está intimamente ligada ao mau uso dos demais recursos naturais, principalmente da vegetação, aliado a outro fator importante que é o desconhecimento por uma grande parte dos agricultores das tecnologias existentes para a utilização do solo.

Neste sentido, Ramalho Filho (1998), coloca:

"Os estudos do solo mostram uma especialização sobre qual área e cultivável e qual deve ser preservada, se esta questão for ignorada já começa a se caracterizar uma utilização inadequada das terras. Não se admite recomendar um determinado uso de solo agrícola em áreas destinadas a preservação ambiental ou que notoriamente, indique grande diversidade biológica".

E acrescenta:

"O desenvolvimento sustentável depende do uso correto dos recursos naturais, sem esquecermos a sustentabilidade sócio econômica. A partir do momento em que existe o desequilíbrio entre o uso do solo e a sua real aptidão, entre os minerais que se extrai e os que se aloca ao solo, os resultados não podem ser bons. Afinal, agricultura não é mineração".

Galeti, 1982, (apud BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999), afirma:

"tal como a agricultura, a erosão tem sua raiz no passado, e seus processos são regionalmente interdependentes, porque muitos deles foram estabelecidos pela introdução de novas culturas e novos métodos de cultivo".

A Grécia teve grande importância em relação à agricultura, pois os conhecimentos referentes a terraceamentos e irrigação, foram introduzidos em seu espaço, onde os morros foram reflorestados e os vales férteis produziram grande quantidade de suprimento de grãos. A arte da lavoura assim foi desenvolvida.

Novas técnicas foram surgindo, os campos eram cultivados e deixados em pousio em anos alternados. Todavia, a aração era praticada com exagero, os terrenos eram arados de três a cinco vezes em cada ano.

O solo é a base de sustentação da produção dos ecossistemas. Nele, as cadeias alimentares se estabelecem num ciclo de nutrientes e energia que se inicia pela produção vegetal, sucedida de herbívoros, carnívoros e decompositores que, por sua vez, realimentam as plantas, disponibilizando sais minerais e compostos simples. A energia solar abastece as plantas para reiniciar a cadeia (CAMPOS; MACHADO; STIPP, 2005c).

Trata-se de um subsistema importante dos ecossistemas, formado por partículas de diferentes tamanhos – argila, areia, silte – que agrupadas formam poros, que podem ser preenchidos pela água. É composto por minerais, matéria orgânica e organismos vivos, numa interação construída ao longo de milhares de anos a partir das rochas, sedimentos e materiais orgânicos. Além da temperatura e da umidade, no processo de formação – intemperismo – os organismos vivos, o relevo e o tempo também participam (CAMPOS; MACHADO; STIPP, 2005c).

O solo é o reservatório de água, nutrientes e organismos que participam do processo de absorção e nutrição de plantas. A degradação do solo reflete-se na queda da produção de biomassa, ou seja, na produção viva acima dele. Tem, portanto, um valor inestimável para a população atual e futura (CAMPOS; MACHADO; STIPP, 2005c).

O conjunto de processos de degradação do relevo provoca o fenômeno da erosão. O relevo terrestre tende a modificar-se sob a ação dos agentes

do modelado, que constituem o complexo dos processos de desgaste provocados pelos *agentes externos*. O desgaste e a desagregação das rochas e solos pela ação da água é a forma mais comum de erosão. Os processos erosivos variam muito, sempre se levando em conta os aspectos climáticos, ou mais apropriadamente, *Sistemas Morfoclimáticos*. Se não fossem os *agentes morfogenéticos internos*, o relevo da crosta terrestre tenderia a tornar-se plano, pelo desgaste das partes elevadas e acúmulo de sedimentos nas partes baixas, o planeta terra teria que mudar seu nome para planeta água (CAMPOS; MACHADO; STIPP, 2005c).

Segundo Guerra e Guerra (1997), erosão é a “destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, tendendo a um nivelamento...” estes ainda afirmam que “*uma fase de erosão (gliptogênese) corresponde, de modo simultâneo a uma fase de sedimentação (litogênese)*”.

Esses mesmos autores apresentam a seguinte classificação sobre a tipologia dos processos erosivos: erosão elementar; erosão acelerada; erosão eólica; erosão fluvial; erosão glaciária; erosão marinha, e; erosão pluvial.

Erosão Elementar

Também chamada pelos geógrafos e geólogos de *intemperismo*, como bem designa o termo *elementar*, é o conjunto de fatores primordiais à formação da paisagem (intemperismo química, físico e biológico), pois são responsáveis pela fragmentação, desagregação e formação de materiais a partir, principalmente, das rochas.

Erosão Acelerada

Ocorre na superfície terrestre, motivada pela ação dos homens e seres vivos, ocasionando um desequilíbrio ambiental. É caracterizada principalmente pela erosão das camadas superficiais do solo, devido aos desmatamentos, cortes de estradas, atividades agropecuárias inapropriadas à capacidade de uso do solo, entre outros fatores, principalmente de origem antrópica.

Erosão Eólica

É realizada pelo vento, que é responsável pela destruição (desagregação), transporte e deposição (formação de dunas, etc.). Ocorre comumente em regiões desérticas, semi-áridas e litorâneas.

Erosão Fluvial

É a mais perceptível do ponto de vista morfológico, trabalha a modelagem do relevo através das redes de drenagem, a dissecação realizada pela erosão está em função do nível de base, do comprimento do perfil longitudinal, da natureza das rochas, do clima, etc.

Erosão Glaciária

Ocorre predominantemente nas regiões de clima frio e temperado, este tipo de erosão cava vales profundos em forma de U, as formas de relevo resultantes são geralmente ásperas.

3.4.1 Erosão Pluvial

A erosão causada pela água pode ser das seguintes formas: laminar; em sulcos e voçorocas; as três formas de erosão podem ocorrer simultaneamente no mesmo terreno.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999):

"Esta classificação esta dentro dos estádios correspondentes a progressiva concentração de enxurrada na superfície do solo. Realmente, a erosão laminar e a lavagem da superfície do solo nos terrenos arados; em seguida, e a erosão em sulcos, que e a concentração de água escorrendo em pequenos sulcos nos campos cultivados, e depois a erosão em voçorocas, quando os sulcos foram

bastante erodidos em largura e profundidade. Essa classificação, sem dúvida, e apropriada a nossa compreensão, porém, omite a erosão por salpicamento ou o efeito do impacto da gota de chuva, que e, no entendimento atual, o primeiro e mais importante estágio do processo de erosão; [...] Também, da o sentido de erosão laminar como o solo sendo removido uniformemente por uma lamina fina de água – a enxurrada raramente escorre em laminas finas”.

a) A energia cinética da chuva

A energia cinética determina a erosividade, que segundo Hudson (apud GUERRA, CUNHA, 2001) “é a habilidade da chuva em causar erosão”. Existem vários parâmetros que podem ser utilizados para medir a erosividade da chuva. O problema é escolher um que seja o mais adequado para a maioria dos casos, em especial por que cada ambiente e cada tempestades são únicos na escala temporal e espacial e, conseqüentemente, a erosão varia de diferentes maneiras (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999).

b) Ruptura dos agregados

Outro aspecto de grande relevância no estudo de erosão do solo são suas propriedades físicas, que auxiliam a determinar o grau de susceptibilidade a erosão. Para avaliar estas características surge o termo erodibilidade definida por Morgan (apud GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999) como sendo “a resistência do solo em ser removido e transportado”, e, portanto para cada tipo de solo será diferente.

Vários autores têm enfatizado a importância da matéria orgânica na estabilidade dos agregados. O teor de matéria orgânica, juntamente com outras propriedades dos solos, afeta diretamente a ruptura dos agregados. Essas propriedades são a textura, a densidade aparente, a porosidade, a estrutura, além de parâmetros relacionados às características das encostas, cobertura vegetal, erosividade da chuva e ao uso e manejo do solo. Apesar de todos esses fatores interferirem sobre os agregados, a maioria dos estudos sobre erodibilidade tem

indicado que, à medida que o teor da matéria orgânica diminui, aumenta a instabilidade dos agregados.

Devido ao fato de que os solos com maior erodibilidade serem aqueles com o maior teor de silte, Wischmeier e Mannering (apud GUERRA 1999) descobriram que o teor de matéria orgânica tem maior influência justamente sobre estes, porque, nos solos com maior teor de argila, esta pode estar atuando no sentido de aumentar a resistência dos agregados ao impacto das gotas de chuva. O problema é que os solos com alto teor de silte, que são usados agricolamente, sem cuidados de manejo, passam a se tornar mais erodíveis, à medida que perdem matéria orgânica, ao longo do tempo, em especialmente quando não há reposição desta matéria. Dessa forma, a ruptura dos agregados tende a aumentar.

A ruptura dos agregados pode ser considerada um dos primeiros fatores no processo de erosão dos solos; pois é a partir dessa ruptura, que os outros processos se desencadeiam no topo do solo, no sentido de desestabilizá-lo e, conseqüentemente, começar a ocorrer o processo erosivo.

c) Formação de crostas e selagem dos solos

Assim que os agregados se rompem no topo do solo, vai ocorrendo a formação de crostas, que eventualmente provocarão a selagem dos solos. Esse processo é responsável pela diminuição das taxas de infiltração e conseqüentemente, aumentam as taxas de escoamento superficial, podendo aumentar a perda de solo.

Com o rompimento dos agregados tem-se a liberação de partículas muito pequenas de solo que infiltram-se nos vazios do solo (espaço entre os grão) não permitindo uma boa infiltração da água da chuva.

Segundo Farres (apud GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999), a formação de crostas no topo do solo é um dos mecanismos mais importantes que antecedem ao *runoff* (escoamento superficial). Farres demonstrou que a formação de crostas pode ocorrer rapidamente, em um único evento chuvoso.

A grande importância para o processo de erosão é que, a partir do momento em que as crostas se formam no topo do solo, a superfície do terreno se torna selada, dificultando a infiltração da água das chuvas.

A estabilidade dos agregados possui um papel fundamental na erodibilidade dos solos. A infiltração ocorre mais rapidamente nos solos que contém agregados maiores e mais estáveis, diminuindo, conseqüentemente a produção de *runoff* (escoamento superficial). À medida que os agregados são destruídos e a superfície do solo se torna selada, as crostas passam a oferecer maior resistência á ação do *splash* (salpicamento), mas por outro lado aumenta a ação do *runoff* (escoamento superficial), podendo atingir altas velocidades, que serão suficientes para destacar sedimentos e transportá-lo dentro das ravinas.

d) Erosão laminar

A remoção de camadas delgadas de solo sobre toda uma área e a forma de erosão menos notada, e por isso a mais perigosa. Em dias de chuva as enxurradas tornam-se barrentas. Os solos, por sua ação, tomam coloração mais clara, e a produtividade vai diminuindo progressivamente. A erosão laminar arrasta primeiro as partículas mais leves do solo, e considerando que a parte mais ativa do solo de maior valor, e a integrada pelas menores partículas, pode-se julgar os seus efeitos sobre a fertilidade do solo.

Esta e uma forma de erosão dificilmente perceptível, entretanto, em culturas perenes formadas em terrenos suscetíveis a erosão, pode-se perceber, após alguns anos, que as raízes, ao serem expostas, indicam a profundidade da camada do solo que foi arrastada.

Quando se acumula na superfície, a água se move morro abaixo e raramente se movimenta em uma lamina uniforme sobre a superfície da terra; isso aconteceria se a superfície do solo fosse lisa e uniformemente inclinada, o que raramente pode acontecer, pois ela e quase sempre irregular. Cada pequena porção de água toma o caminho de menor resistência, concentrando em pequenas depressões e ganhando velocidade a medida que a lamina de água e a declividade do terreno aumentam.

e) Erosão em sulcos

Resulta de pequenas irregularidades na declividade do terreno que faz que a enxurrada, concentrando-se em alguns pontos do terreno, atinja volume e velocidade suficientes para formar riscos mais ou menos profundos. Na sua fase inicial, os sulcos podem ser desfeitos com as operações normais de preparo do solo em um estado mais adiantado, porém, eles atingem tal profundidade que interrompem o trabalho de máquinas agrícolas.

Essa forma de erosão é que o lavrador presta mais atenção, e ocasionada por chuvas de grande intensidade em terrenos de elevada declividade e em grandes lançantes. Enquanto são desfeitos com as operações normais de preparo do solo, esses sulcos podem até não ser notado pelos agricultores; o problema aparece quando eles resultam em sérios prejuízos para a produtividade do solo.

f) Evolução de ravinas

Segundo Horton (apud GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999), o conceito de evolução de ravinas baseia-se no fato de que, quando a precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, inicia-se o escoamento superficial. A água acumula-se em depressões (microtopografia) na superfície do solo, até que começa a descer a encosta, através de um lençol, que pode evoluir para uma ravina. Nesse processo, esse fluxo passa a ser linear, depois evolui para microrravinas, e depois para microrravinas com cabeceiras.

A formação e ravinas é um processo erosivo crítico, freqüentemente associado a um rápido aumento na concentração de sedimentos transportados pelo escoamento superficial. O reconhecimento do desenvolvimento de ravinas é de grande importância prática na conservação dos solos, pois uma vez estabelecidas em uma encosta, as ravinas tendem a evoluir através de bifurcações em pontos de ruptura.

Uma outra forma de se compreender o papel das ravinas no processo erosivo é através de seu monitoramento, ou seja, nos próprios campos agrícolas onde elas ocorrem. Vários pesquisadores constataram que dependendo

das práticas de manejo do solo utilizadas, ravinas podem se estabelecer com mais facilidade. Os resultados obtidos em experimentos apontam diferenças de até dez vezes superiores em termos de erosão, em relação aos campos cultivados com métodos tradicionais, enquanto nos campos plantados com sistemas de cultivos mais modernos, praticamente não houve erosão.

Ravinas permanentes, que persistem no mesmo local por períodos prolongados, quase sempre evoluem para voçorocas, encosta abaixo, e podem formar os estágios iniciais de rede de drenagem. Daí a importância do conhecimento de como, onde e por que as ravinas se formam. É a partir disso que se podem tomar medidas para evitar o surgimento de ravinas e, conseqüentemente, reduzir o risco da formação de voçorocas que evoluem a partir das ravinas.

Como afirma Evans (apud GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999), os solos que permanecem sob agricultura altamente mecanizada, por um período prolongado, tendem a se tornar mais sensíveis á formação de ravinas, que podem evoluir para voçorocas. Isso se deve á degradação da estrutura desses solos e ao declínio de matéria orgânica, que ocorre principalmente no topo do solo. Essa diminuição do teor de matéria orgânica faz com que esses solos se tornem mais suscetíveis á formação de crostas no topo do solo, que dificultam a infiltração, aumentando o escoamento superficial, que eventualmente provoca o desenvolvimento de ravinas.

g) Erosão por voçorocas

O termo erosão acelerada dos solos, por vezes utilizado para fazer referência á erosão por voçorocas, deriva da concepção de que ravinas e voçorocas resultam da intervenção causada pelas atividades humanas. Resta ainda esclarecer o que distingue uma ravina de uma voçoroca. Em geral predominam distinções de caráter dimensional. Segundo esse critério, ravinas seriam incisões de até 50 centímetros de largura e profundidade. Acima desses valores, as incisões erosivas seriam denominadas de voçorocas (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999).

Caso a erosão se desenvolva por influência, não somente das águas superficiais, mas também dos fluxos de água subsuperficiais, onde se inclui o lençol freático, configura-se o processo de voçoroca (SALOMÃO apud GUERRA; SILVA;

BOTELHO, 1999) Enquanto o ravinamento se processa em função apenas da erosão superficial, com a linha de água apresentando grandes declives, canal profundo, estreito e longo, as voçorocas formam-se devido tanto á erosão superficial como á erosão subterrânea, com tendência tanto para alagar-se como para aprofundar-se, até atingir o seu equilíbrio dinâmico.

As voçorocas são mais freqüentes em terrenos de características friáveis, predominantemente arenosos, areno-argilosos, areno-siltosos e siltosos, muito raramente em terrenos de características argilo-arenosas ou argilo-siltosas, devido a maior coesão dos grãos destes solos. São valetas estreitas, profundas em forma de V, podendo atingir profundidades superiores a trinta metros. O comprimento é bastante variável, na maioria das vezes com algumas dezenas de metros. Podem constituir em uma única isolada ou várias, em ramificações de tendências paralelas, podendo abranger áreas de alguns metros quadrados a vários hectares.

Quando o processo de envoçorocamento atinge o lençol freático, pode se ter uma das formas mais tenebrosas de erosão no terreno. Além da ação das águas turbulentas das enxurradas, alia-se a ação de solapamento e de aprofundamento da valeta pelas águas do freático, quando essas são de volume apreciável. Quando a voçoroca atinge o lençol freático, abre para estas águas, uma zona de menos pressão e por isso elas param com certa força para dentro da valeta escavada, arrancando partículas do barranco. Este processo de remoção contínua de partículas promove uma abertura de canais ou de galerias na direção de surgência, até quando este solapamento provoque o desmoronamento ou deslizamento do material das paredes da valeta, de forma regressiva, ou seja, na direção da topografia ascendente do terreno.

Na agricultura, áreas extensas ficam impossibilitadas de aproveitamento provocando muitas vezes uma verdadeira divisão ou isolamento de glebas na pecuária, além do estrago nas pastagens, ainda fica o perigo de queda de gado dentro das voçorocas, por desbarrancamento quando este chega na borda da valeta.

3.5 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO

Os esforços para prever matematicamente a erosão de solo pela água possuem pouco mais de meio século. A evolução da tecnologia da predição de erosão publicada iniciou com as análises realizadas por Cook, em 1936 (apud WISCHMEIER; SMITH, 1965), que listou três parâmetros principais na perda de solo pela erosão da água: susceptibilidade do solo à erosão, potencial erosivo da precipitação, escoamento superficial e proteção exercida ao solo pela cobertura das plantas.

Alguns anos depois, em 1940, Zingg publicou a primeira equação para cálculo da perda de solos dos campos agrícolas. Esta equação descreve matematicamente os efeitos do comprimento da vertente e de sua declividade. Em 1941, Smith adiciona os termos de sistema de cultivo e práticas de manejo e também o conceito da perda de solo mínima anual específica, resultando num método gráfico de seleção de práticas conservacionistas para as condições de solos do Centro-Oeste Americano (WISCHMEIER; SMITH, 1965).

O valor da equação de perda do solo para o planejamento rural e organização de uma região para o desenvolvimento de um sistema de aplicação regional foi reconhecido, pelo escritório regional do USDA de Milwaukee, Wisconsin.

O resultado foi um método prático de declividade para estimar a perda de solos para uso no cinturão de milho (*Corn Belt*). Em 1946, no Estado de Ohio, foi realizado um Workshop para adaptar a equação do Cinturão de Milho, reunindo especialistas de erosão dos EUA. Os participantes revisaram os dados de perda de solos dos EUA e avaliaram os parâmetros utilizados. O resultado foi a equação de Musgrave, publicada em 1947, que incluía parâmetro de precipitação, características do fluxo do escoamento superficial afetado pelo comprimento de declividade da vertente, características de solo e cobertura vegetal.

Usando os dados reunidos no Centro de Dados associados às deliberações e conclusões das conferências de 1956 e subseqüentes análises, Wischmeier & Smith, desenvolveram a EUPS, (Equação Universal de Perda de Solos – *Universal Soil Loss Equation*), descrita em manuais posteriores publicados em 1965 e 1978 por Wischmeier e Smith. A EUPS quantifica a erosão de solos pelo produto de seis fatores representando a erosividade da precipitação e escoamento

superficial, erodibilidade do solo, declividade, comprimento de rampa, práticas de manejo e cobertura de solo e o último termo é estabelecido pelas práticas de conservação de solo.

A EUPS foi desenhada para prover uma ferramenta de trabalho apropriada para os conservacionistas. Uma técnica relativamente simples é necessária para predizer a média anual de perda de solo para uma grande quantidade de situações específicas. Os objetivos da equação são: (1) que cada parâmetro pudesse ser representado por um simples número; (2) fosse predita por dados de pesquisa meteorológica, de solos ou erosão em cada local; (3) fosse livre de qualquer base de orientação regional ou geográfica. O termo “Universal” na EUPS distingue este modelo dos modelos regionais que a precederam. Entretanto o uso do modelo EUPS pode star limitado a situações em que seus fatores foram apuradamente avaliados e para condições que possa ser aplicada com segurança.

A análise de regressão dos dados reunidos determinou a relação matemática entre cada parâmetro da EUPS e a perda de solo. Os efeitos da declividade, comprimento de rampa, manejo de solo e práticas culturais são mais precisamente descritas como incrementos e decremento percentuais na perda de solo. O modelo multiplicativo foi selecionado para a equação que usa quatro fatores adimensionais para modificar a perda de solo descrita pelos fatores dimensionais de precipitação (erosividade) e solo (erodibilidade).

A difusão acentuada da EUPS levou tempo, mas progressivamente muitas regiões e grupos começavam a usar a equação. Durante um período a EUPS recebeu importantes avanços pela inclusão de técnicas para estimativas de fatores locais, fatores para uso de solos adicionais, condições climáticas e práticas de manejo. Estão inclusos ábacos para calcular a erodibilidade de solo, fator topográfico com declividade irregular, fator de cobertura para florestas e campo, efeito do manejo de preparo de solo e cobertura e, avanços na avaliação de práticas de suporte e controle de erosão. Todos esses avanços foram incorporados, sendo que a versão da EUPS foi atualizada com a publicação do manual de agricultura 537 (Agriculture Handbook nº 537) por Wischmeier e Smith em 1978.

A equação universal de perda de solo estima as taxas de perda de solo pela combinação de variáveis físicas e de manejo. As medições atuais de perda de solo podem não ser praticáveis em cada nível dos seus fatores como ocorre no campo. No entanto, a equação de perda de solo foi desenvolvida para que

planejadores conservacionistas, cientistas ambientais e outros profissionais relativos á erosão de solo permitam extrapolar dados limitados de erosão para muitas outras localidades e condições que não foram diretamente contempladas com pesquisa (RENARD et al., 1997).

O processo de erosão e sedimentação pela água envolve os processos de desagregação, transporte e deposição das partículas do solo (FOSTER, 1982 apud RENARD et al., 1997). As maiores forças provêm do impacto da chuva e a forma com que a água flui sobre a superfície do solo. A erosão pode silenciosamente expor a superfície do solo, com a chuva erodindo uma quantidade muito grande de solo, mas se torna dramática quando o fluxo de água concentra-se e cria intenso sistema de sulcos e fendas.

Produção de sedimento não deve ser confundida com erosão, os termos não são substituíveis, produção de sedimento é a somatória do solo erodido que é carregado até um ponto na bacia hidrográfica remoto ao lugar de desagregação original das partículas. Numa bacia hidrográfica a produção de sedimento inclui a erosão das vertentes, canais e transporte de massa, menos o que é depositado depois que é erodida e antes de atingir o ponto de interesse. Tanto a EUPS como a REUPS não estimam a produção de sedimento.

Tanto a EUPS como a REUPS calculam a erosão média anual esperada em campo pela equação:

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

Em que:

A = Erosão em perda de solo por unidade de área e de tempo,

R = Fator da erosividade da precipitação e fluxo de superfície,

K = Fator de erodibilidade do solo,

L = Fator de comprimento de rampa na horizontal,

S = Fator de declividade do campo,

C = Fator de cobertura e manejo,

P = fator de práticas agrícolas.

A equação EUPS com as revisões e pesquisas adicionais e modelos de quantificação para predição de erosão de solos é denominada de REUPS sendo publicada no manual de agricultura n. 703, sob coordenação de Renard et al. (1997).

A pesquisa nos princípios dos processos erosivos e de sedimentos pela água contínua a prover avanços nos modelos de predição e controle de erosão. Os conhecimentos das pesquisas têm sido utilizados para o desenvolvimento de modelos baseados fisicamente nos componentes de erosão e sedimentação do modelo CREAMS (KNISEL, 1980; FOSTER et al., 1981 apud RENARD et al., 1997).

A equipe do projeto WEPP (Water Erosion Prediction Project) da USDA (United States Department of Agriculture) trabalhando em conjunto com outras agências e instituições acadêmicas, representam a perspectiva do desenvolvimento de uma nova geração de tecnologia de predição de erosão pela água (FOSTER; LANE, 1987 apud RENARD et al., 1997). O objetivo do esforço do projeto WEPP é um modelo orientado a processos que faz parte de uma família de modelos conceitualmente superiores aos modelos estatísticos com a EUPS, que são mais versáteis nas condições que podem ser avaliados. Espera-se que a REUPS seja substituída pela tecnologia WEPP no futuro.

Paralelamente aos avanços que a EUPS sofria, migrando para REUPS, outros modelos surgiam além do WEPP e do CREAMS. Muitos modelos já foram desenvolvidos para ambientes digitais e além da erosão também tratavam de outros aspectos como alguns ambientais de fontes de poluição não pontuais, o carregamento de fertilizantes e outros compostos químicos para os corpos d'água e com o efeito da erosão na produtividade econômica.

O modelo REUPS foi desenhado para estimar a média de perda de solo carregado pela água em um campo com uma declividade específica, com um cultivo específico e um sistema de manejo. O uso difundido consolidou a utilidade e validade da REUPS para este propósito. Possui aplicabilidade em condições não agrícolas como em locais de construção.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 MATERIAIS

A base cartográfica utilizada na pesquisa assim se constitui:

- Carta topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) projeção UTM, escala 1:50.000, Carta de Londrina, Folha SF-22-U-II-4 de 1963; Carta de Tamarana, Folha SF-22-Y-D-VI-2 de 1992; Carta de Assaí, Folha SF-22-Z-C-I-3 de 1991; Carta de Santa Cecília, Folha SF-22-Z-C-IV-1 de 1992;
- SRTM da U.S. Geological Survey (USGS) com resolução de aproximadamente 90 metros reamostrado para 30 metros;
- Carta de Classificação de Solos de 1981 da EMBRAPA, escala 1:600.000, modificado e adaptado por Campos em 2006;
- Imagem digital proveniente do satélite SPOT 4, órbita ponto 707/39 captada em 18/01/2004, cedida pelo Prof. Osvaldo Coelho do DGEO/UEL;
- Software ArcInfo/ArcGis, versão 9, para suporte à análise e integração dos dados;
- Câmara Fotográfica digital;
- Aparelho digitalizador de imagens (*scanner*);
- Bússola para apoio em campo;
- GPS para apoio de campo.

4.2 MÉTODOS

No desenvolvimento deste trabalho foram realizadas diversas etapas:

- Inicialmente foram realizados trabalhos de campo para coleta de dados e informações que subsidiaram a confecção de vários mapeamentos;
- Digitalizou-se a parte de cada um das 04 (quatro) cartas topográficas para formação de um quadrante, necessária à delimitação da área Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas e de sua rede hidrográfica através das cartas topográficas (Figura 9);
- Foi utilizado o software SPRING, versão 4.2 (desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para a digitalização da delimitação da bacia hidrográfica com base no mosaico de Cartas Topográficas, e, através da Imagem do satélite SPOT (Figura 10) foi confeccionado o Mapa de Uso Atual do Solo (Figura 11) pelo método de segmentação de regiões;

Conforme pode-se observar na Figura 11 (Carta de Uso do Solo), a Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas possui uma utilização global para as *Procedimentos* atividades agropastoris, que de acordo com os valores encontrados na carta chegam a 887,33% de sua área (85,69% de lavouras e 1,64% de pastagens).



Figura 9 – Mosaico de Cartas Topográficas com delimitação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

- Foi utilizado o software ArcInfo/ArcGis como sistema de informação geográfica seguindo-se os procedimentos de rotina para a entrada de dados. Com este software foram confeccionados o restante dos mapas: Hipsométrico, Clinográfico, Cobertura Vegetal (atual e proposta), Solos entre outros. E, ainda, foram tratados graficamente os outros dois mapas anteriores confeccionados com o software SPRING;

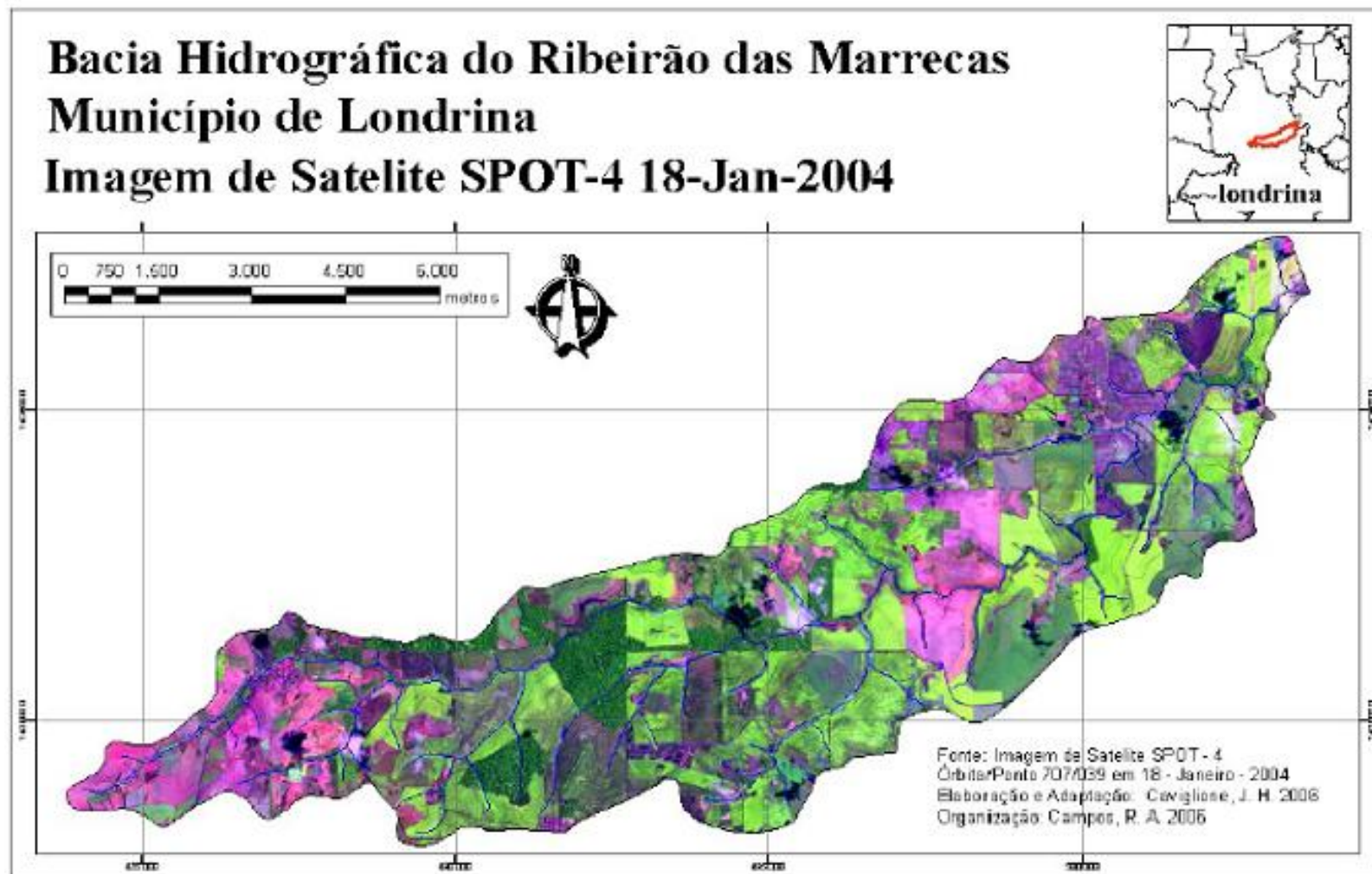


Figura 10 – Mapa da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas delimitada sobre a imagem do Satélite SPOT 4.

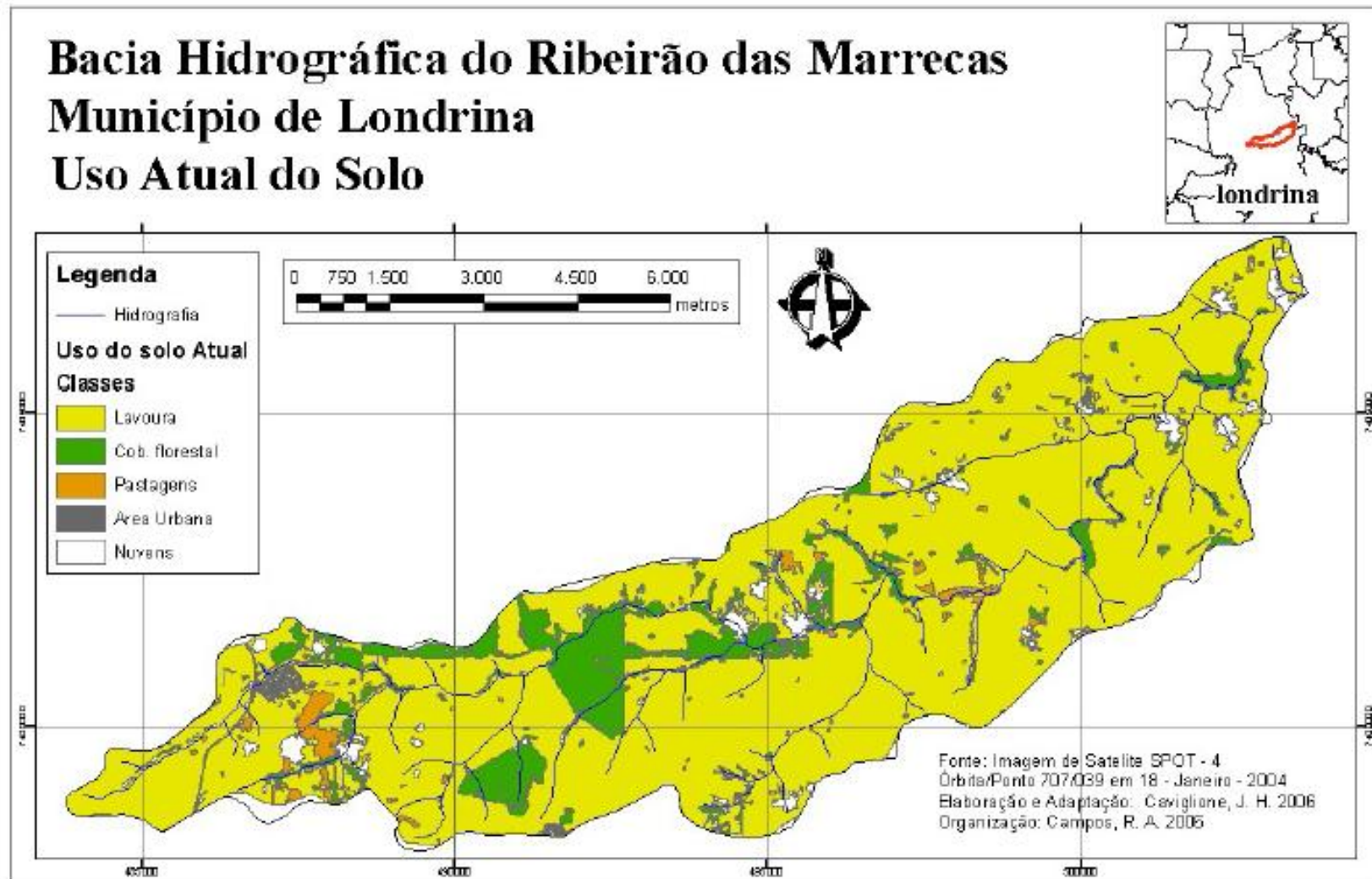


Figura 11 – Mapa de Uso Atual do Solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

- Foram realizadas as convalidações de dados obtidos da análise da imagem de satélite através de vários reconhecimentos de campo;
- Realizou-se levantamento de dados do meio físico e uso da terra referentes aos parâmetros do modelo EUPS – Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER; SMITH, 1978) modificada por Bertoni e Lombardi Neto (1999).

Através desta equação pôde-se avaliar a perda média anual de solo, expressa em t/ha:

$$A = R . K . LS . CP$$

Abaixo os diferentes fatores são explicados individualmente:

R = Fator de erosividade da chuva

Além da quantidade precipitada, neste fator é considerada também a energia cinética das gotas de chuva que se chocam com o solo. Esta energia cinética por sua vez é influenciada principalmente pelo tamanho das gotas e pela intensidade da chuva.

Foi utilizada a equação de estimativa do Fator R ($Y = a + bx$) apresentada por Rufino; Biscaia e Merten (1993) através de seu trabalho de estimativa do índice de erosividade das chuvas para o Estado do Paraná, onde dividiram o estado em 8 regiões isoerosivas, determinando coeficientes de erosão linear e angular. A área de estudo encontra-se na Região isoerosiva 4 ($Y = 16,73 + 4,02$).

A partir destes dados a equação utilizada para determinar o Fator R da área de estudo ficou assim:

$$R = 16,73 + 4,02(p^2/P)^{9,80665}$$

Onde:

R – Fator de erosividade das chuvas em MJ mm/ha/ano

p² – Média mensal de pluviosidade ao quadrado;

P – Média anual de pluviosidade.

9.80665 – Conversão Kgf.m ➔MJ

K = Fator de erodibilidade do solo

Neste fator estão refletidas as propriedades específicas do solo. Quanto mais facilmente divisíveis os agregados do solo, separáveis as partículas e menor a permeabilidade, tanto maior o fator de erodibilidade. Solos ricos em silte, assim como solos arenosos, pobres em matéria orgânica e compactados são especialmente susceptíveis à erosão.

Para a determinação do Fator K foi utilizado os valores obtidos por Tomazoni et al. (2005) para alguns solos do Paraná, conforme mostra Tabela 2. Através destes valores e com os subsídios do Mapa de Solos (Figura 8), foi elaborado o Mapa de Fator K da área de estudo (Figura 16).

Tabela 2 – Determinação do Fator K para os solos da área de estudo.

CLASS.	SOLOS	FATOR K
NVef	Nitossolos Vermelhos eutróféricos	0,03
LVef	Latossolos Vermelhos eutróféricos	0,045
RLe	Neossolos Litólicos Eutróficos	0,11

Fonte: Tomazoni et al. (2005)

LS = Fator Topográfico

Inclinação e comprimento da encosta determinam o fator da declividade. Quanto mais íngreme e mais longa a encosta, tanto maior a quantidade e a velocidade da água que escorre. O potencial de transporte cresce desproporcionalmente com a velocidade de escoamento.

Para calcular este parâmetro foi utilizado o método proposto por Renard et al. (1997, p. 103-107), onde as equações foram cruzadas às informações do Mapa Clinográfico (Figura 13) através do software ArcInfo/ArcGis.

C = Fator de preparo e cobertura do solo

Quanto pior a proteção da superfície do solo por cobertura vegetal contra a chuva, tanto maior o fator C. A vegetação sobre a superfície amortece a energia de impacto das gotas de chuva e evita assim a destruição dos agregados, o entupimento dos poros e o selamento superficial do solo. O fator considera também o grau de preparo do solo. Preparo intensivo e forte destruição dos agregados do solo levam a uma elevação de C e, portanto, ao aumento de A (perda de solo).

A partir de algumas literaturas consultadas definiu-se os valores de C, conforme Tabela 3 e para a simulação de usos da terra complementou-se com a Tabela 4.

Tabela 3 – Valores do Fator C estabelecidos para a área.

COBERTURA	FATOR C
Nuvens	0
Florestas	0,00004
Pastagens	0,01
Lavoura (cultura temporária)	0,2
Área Urbana	1

Fonte: Vitte (1997)

Tabela 4 – Complemento dos valores de Fator C para as simulações de uso na área de estudo

COBERTURA	FATOR C
Café ¹	0,135
Cana-de-açúcar ²	0,05
Mandioca ³	0,55

Fonte: ¹ Vázquez-Fernández, (1996)

² Vitte (1997)

³ Prado e Nóbrega (2005)

P = Fator de práticas conservacionistas

Este fator se refere às práticas de controle de erosão, tais como o terraceamento, o preparo do solo em nível, o cultivo em faixas e o sistema de plantio direto.

Neste caso considerou-se utilizar o valor de “P” constante, considerando que nessa área como se pode observar em campo, existem terraços e o plantio direto é utilizado em praticamente toda sua extensão.

Apenas no caso da simulação de Cordão Vegetado que foi usado um valor maior de proteção para o solo, pois entende-se que este será feito sobre os terraços, aumentando sua eficácia em conter o escoamento superficial, diminuindo assim o fator de erosão.

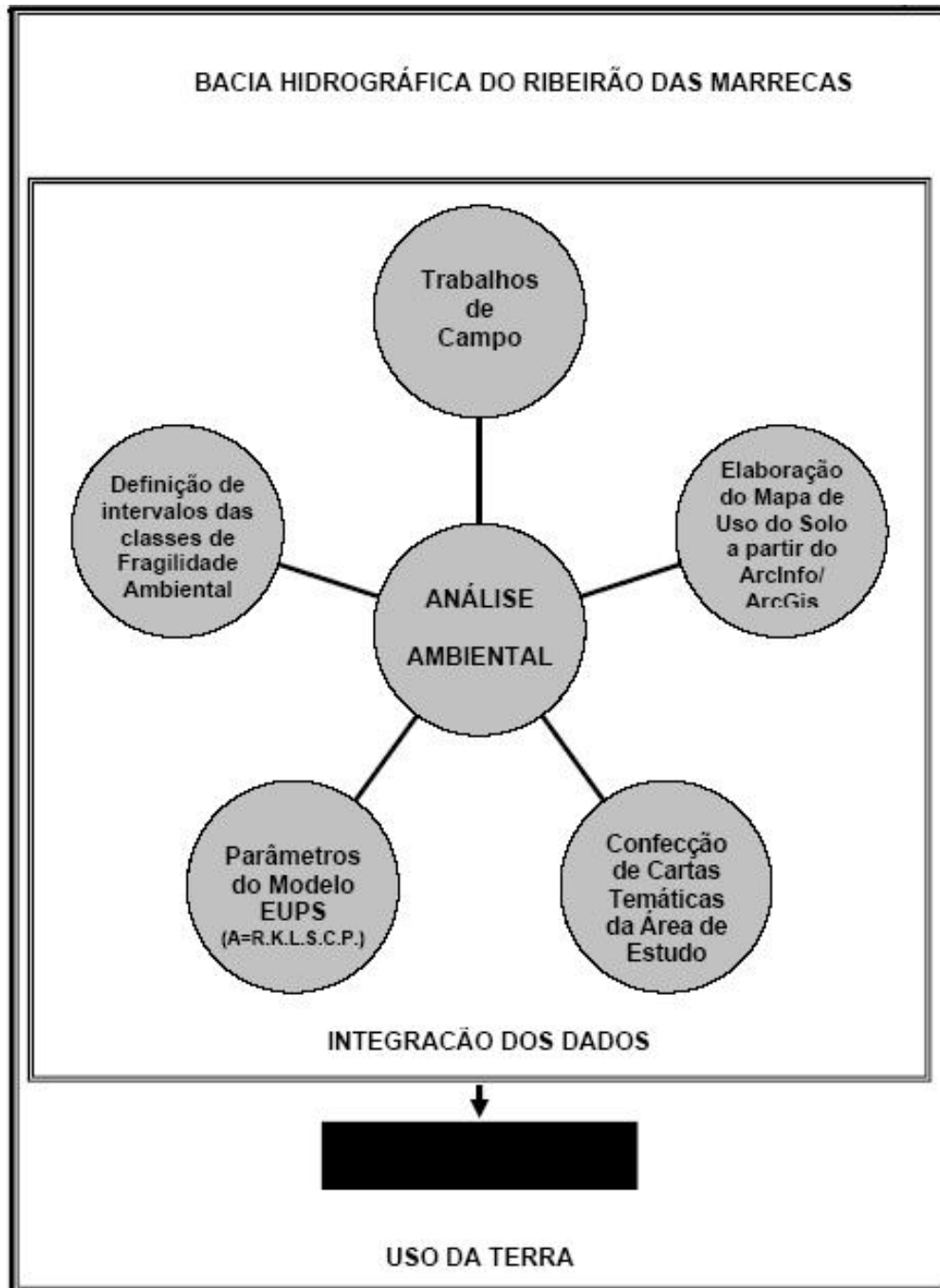


Figura 12 – Fluxograma da Metodologia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Ross (1990) *“a análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal passa pela construção da Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal...”*. Exprime assim a importância da Carta de Uso do Solo nos trabalhos de diagnóstico e planejamento ambiental, pois o conhecimento extraído dos dados constantes neste instrumento foram imprescindíveis no andamento e confecção de resultados de análise de fragilidade ambiental, potencial erosivo e outros que se mostrarem necessários aos estudos desta bacia.

Graziano da Silva (1999) fala da modernização agrícola que atualmente se processa dentro de uma crescente preocupação com o meio ambiente e que vem incorporando novas formas de uso do solo.

Para Graziano da Silva (1999) o “novo rural” se constitui no conjunto das atividades agrícolas, que tem por base a produção em grande escala para a agroindústria ou para pequenos mercados diferenciados, tanto no espaço não agrícola quanto no espaço rural. Portanto, o que se observa hoje é um novo rural decorrente de todo um contexto histórico, político e econômico que vem provocando transformações em todo esse espaço geográfico.

5.1 O ESTADO AMBIENTAL DA BACIA E SUA RELAÇÃO COM O USO DO SOLO

Na área de estudo, constatou-se que o manejo está aquém do esperado, pois as pastagens em muitos locais da bacia estão extremamente degradadas, particularmente nas vertentes com maior grau de declividade, onde se tornam impeditivas às atividades relacionadas ao plantio (figura 13 e 14).



Figura 13 – Foto de pastagens degradadas na margem esquerda do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 14 – Foto de pastagens degradadas na margem esquerda, próximas à foz do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Campos, R. (2006)

Pode-se ainda confirmar claramente as informações demonstradas no Mapa de Uso Atual do Solo (Figura 11) quanto a ausência de mata ciliar (Figura 15), e a falta de impunidade quanto a utilização inapropriada desta área, que deveria

ser de proteção permanente, conforme determina a Lei 4.771/65, em seu Artigo 2º (Código Florestal). Estes exemplos evidenciam muito bem o que ocorre em diversos pontos da bacia, demonstrando o total desprezo pelos recursos naturais e mesmo pelas leis ambientais.



Figura 15 – Foto evidenciando a inexistência de mata ciliar e utilização depredadora das margens, vista à montante do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Campos, R. (2006)

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos através da aplicação do modelo EUPS conjugado ao software de geoprocessamento ArcInfo/ArcGis, com algumas reflexões. Os mapas elaborados através desse paradigma são representações estáticas da paisagem, que revelam fragmentos da realidade. Para se chegar a esses resultados se fez necessário minucioso trabalho de campo, que possibilitou ao pesquisador um trabalho reflexivo em cima da percepção ambiental para dar às informações obtidas uma maior fidedignidade.

O resultado do Fator R (erosividade das chuvas) na área da bacia foi extrapolado do Município de Londrina. Na área de estudo não há medições de pluviometria, sendo assim, optou-se por utilizar os dados fornecidos pelo IAPAR, coletados na estação de Londrina. Conforme demonstra a Tabela 5, a média do Fator R estimada para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas é de 6.154,88

MJ/mm/ha/ano, ficando abaixo de alguns valores verificados em estudos de outras áreas paranaenses (TOMAZONI et al., 2005; PRADO; NÓBREGA, 2005).

Tabela 5 – Estimativa do Fator R para Londrina.

mês	Precipitação Média 1975 - 1999	R mensal estimando em MJ/mm/ha/ano
JAN	208,5	1.088,19
FEV	183	842,13
MAR	137,9	485,43
ABR	114,8	341,55
MAI	122,2	384,78
JUN	94,6	237,30
JUL	60,9	108,14
AGO	51,1	81,09
SET	123,9	395,09
OUT	134,3	461,27
NOV	161,7	661,17
DEZ	206,6	1.068,75
ANUAL	1.599,5	6.154,88

Fonte: Org. Campos, R. (2006) (a partir de dados fornecidos pelos IAPAR)

A partir da identificação dos solos da bacia e definição de seu Fator K (Figura 17), constatou-se que esses solos possuem valores de erodibilidade bastante baixos, por apresentarem alto índice de argila, com exceção dos Neossolos Litólicos eutróficos, que aparecem mais próximos aos espigões e apresentam um valor de K elevado em relação aos outros. Numa visão geral, os solos da área de estudo são relativamente pouco erodíveis, não sendo, portanto, o principal fator determinante no processo erosivo, contudo, nas faixas onde predominam Neossolos Litólicos (Figura 16), pode-se defini-los como uma das determinantes para valores maiores de potencial erosivo.



Figura 16 – Foto de faixa com predominância de Neossolos Litólicos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. (CAMPOS, R. 2006)

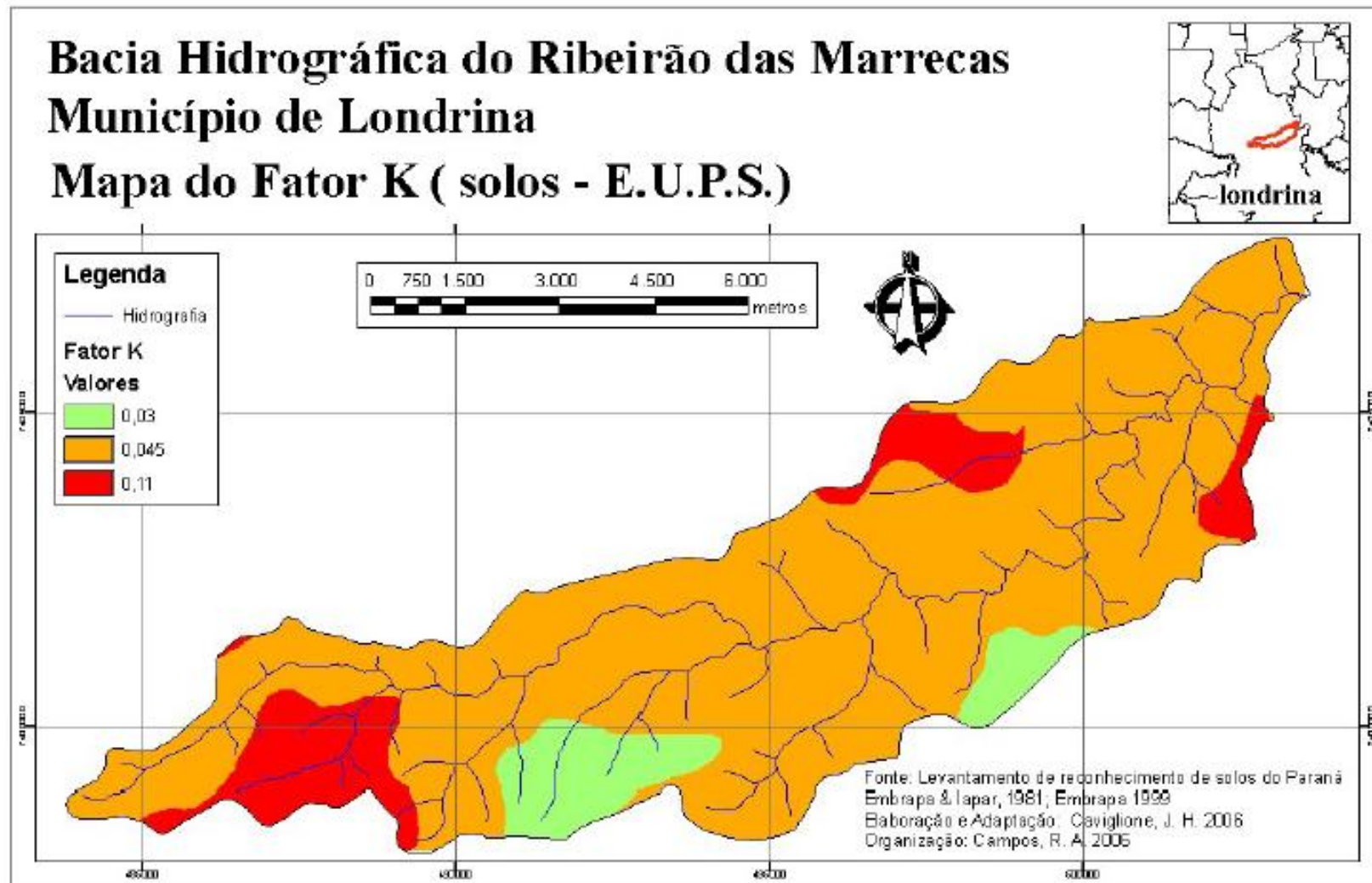


Figura 17 – Mapa do Fator K da EUPS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

A topografia tem influência significativa no processo erosivo. O grau de declividade e o comprimento de rampa destacam-se, por serem variáveis de suma importância na quantificação de perdas de solo e qualificação da fragilidade do relevo. Na área da bacia constatou-se que existem poucas áreas planas (Tabela 6 e Figura 18 e 19), com grande parte da área na faixa de 08% a 25% (ondulado).

Tabela 6 – Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas em km².

DECLIVIDADE	Área em Km ²
00 a 03% (Plano)	2,66
03 a 08% (Suave Ondulado)	21,35
08 a 12% (Ondulado)	23,75
12 a 25% (Ondulado)	24,24
25 a 45% (Forte Ondulado)	0,48
Mais de 45% (Montanhoso)	0,00

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

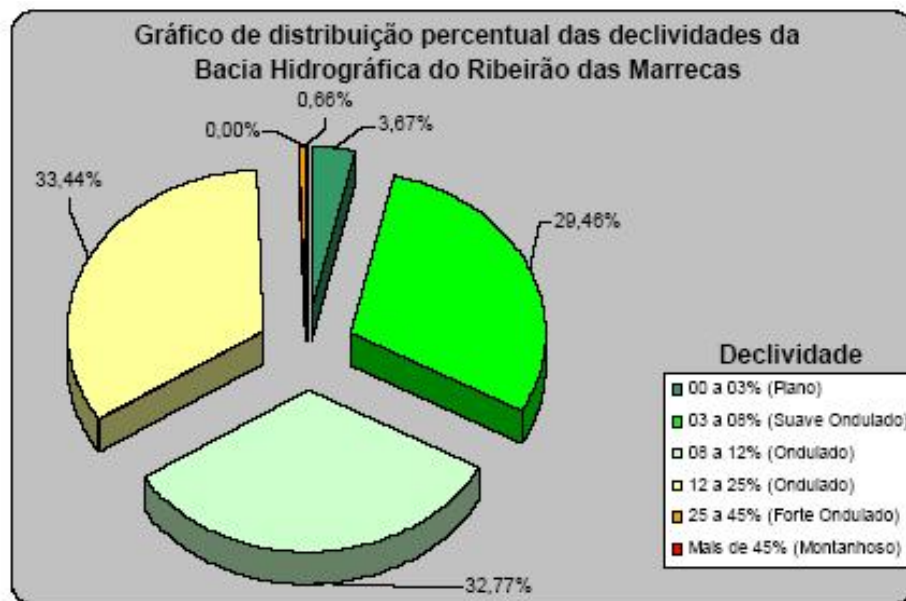


Figura 18 – Gráfico de distribuição percentual das declividades da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

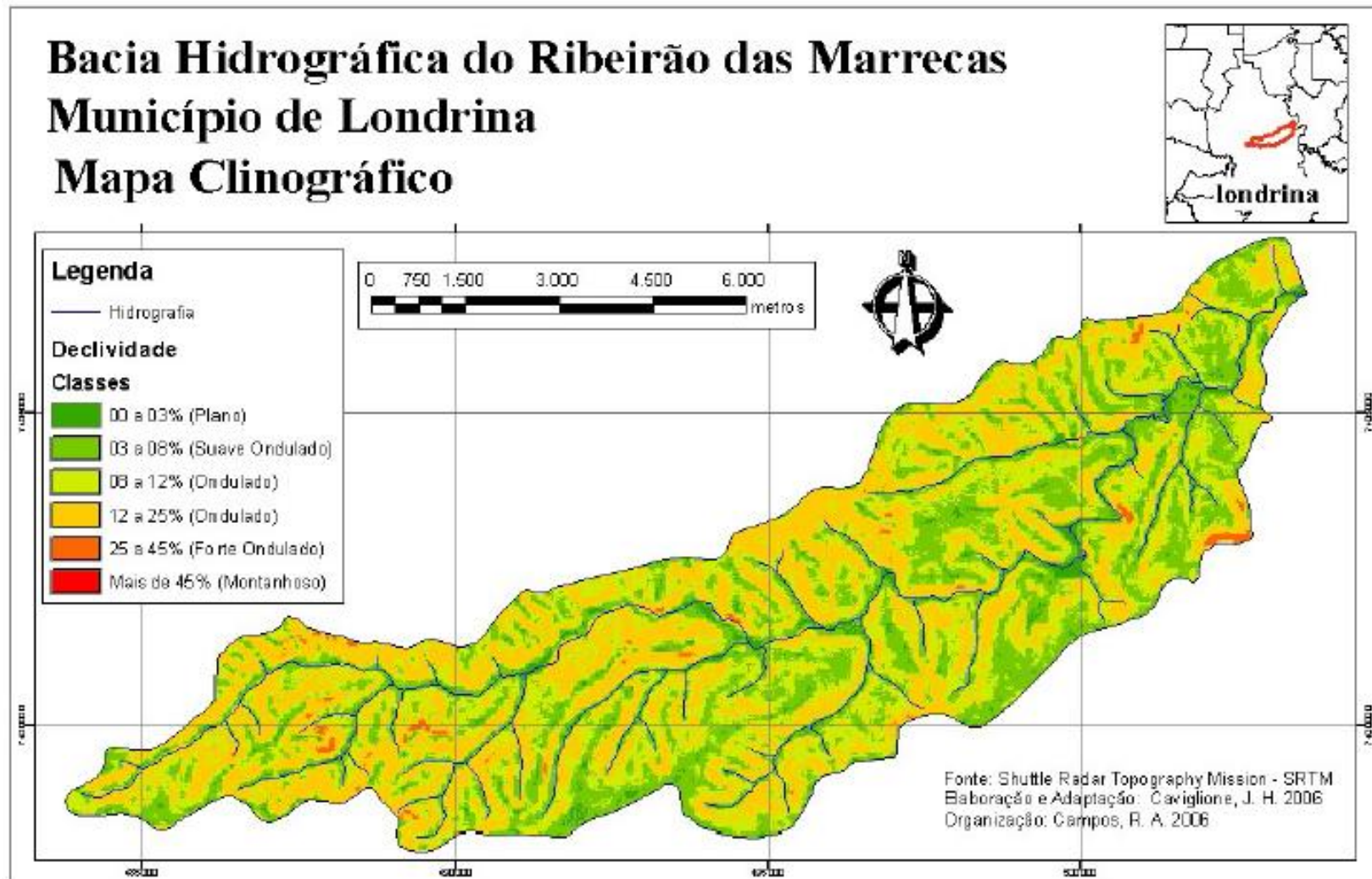


Figura 19 – Mapa de Clinográfico (Declividade) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Foram cruzados os dados obtidos através da equação de Renard et al. (1997, p. 103-110) com os valores de declividade, definindo-se cinco classes de Fragilidade Ambiental (Tabela 7). Através do Mapa do Fator LS (Figura 21), pode-se perceber uma distribuição regular de classes de fragilidade na área da bacia, porém preocupante, pois quase 30% de sua área se encontra nas classes alta e muito alta (Figura 20), distribuídas por toda ela, principalmente à montante.

Tabela 7 – Divisão das Classes de Fragilidade referente ao Fator LS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fator LS	Classes de Fragilidade	Área em Km ²
0,0 a 1,5	Muito Baixa	13,92
1,5 a 2,5	Baixa	20,67
2,5 a 3,5	Média	17,31
3,5 a 4,5	Alta	13,20
4,5 a 5,5	Muito Alta	7,38

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

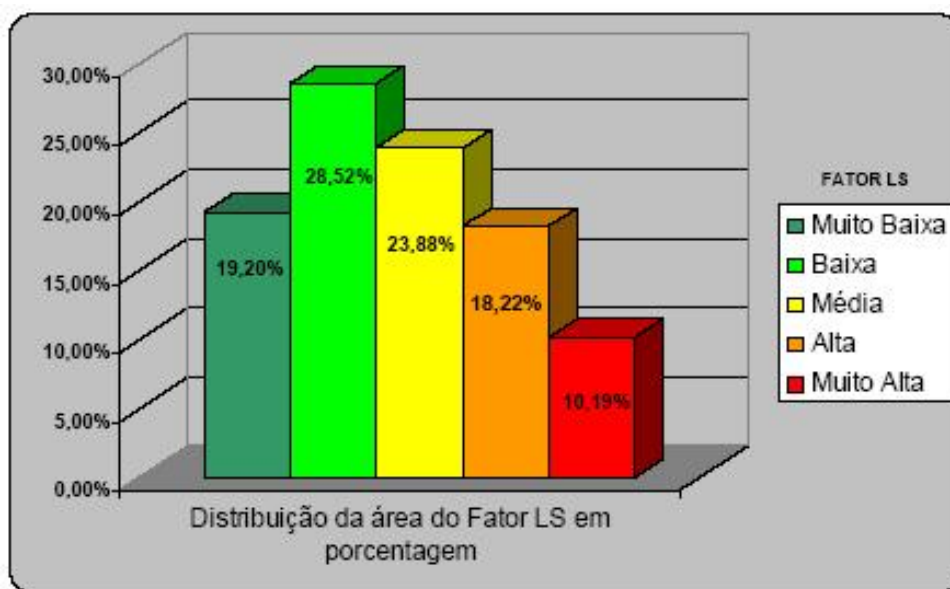


Figura 20 – Gráfico de distribuição percentual do Fator LS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

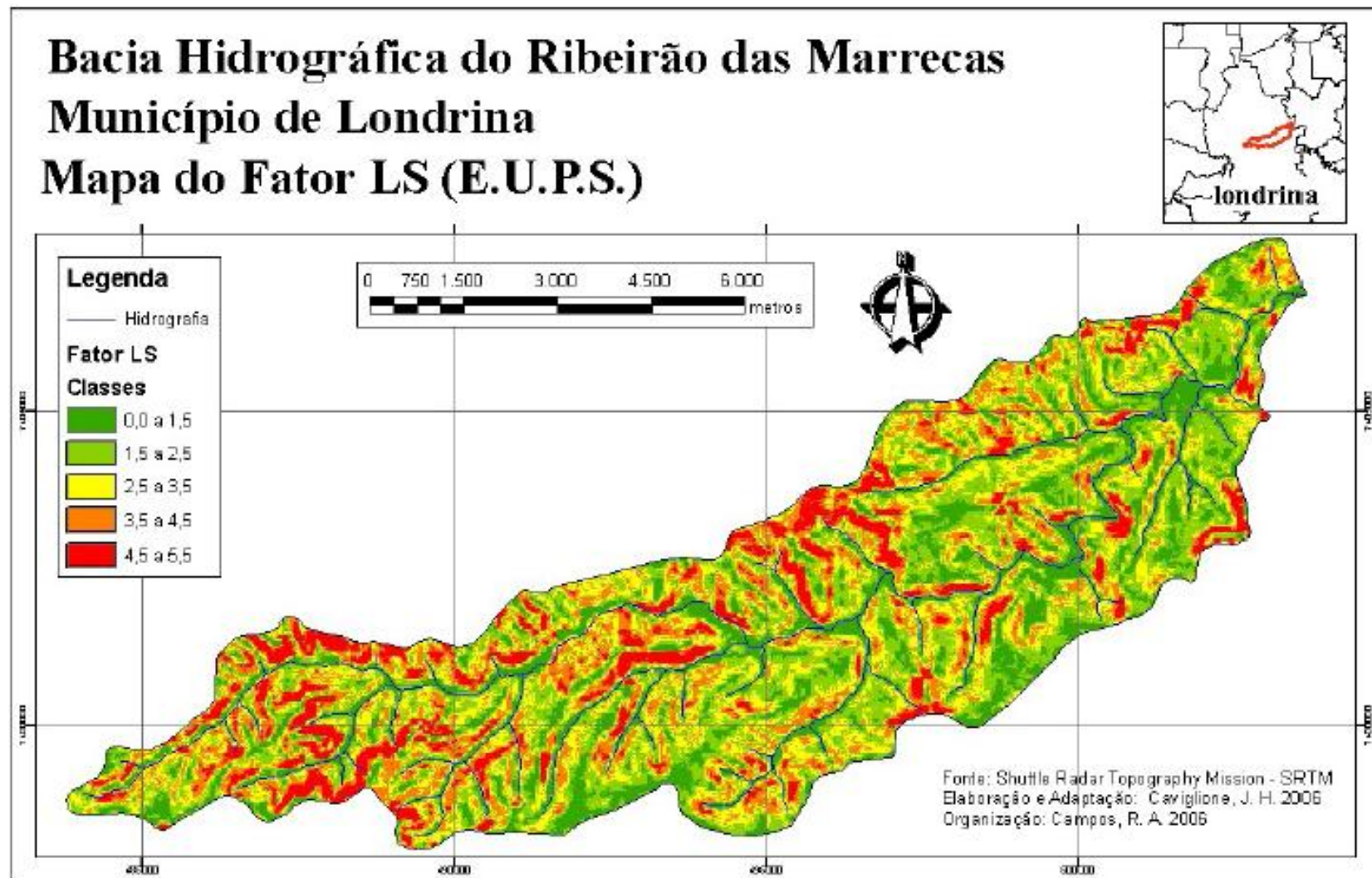


Figura 21 – Mapa do Fator LS da EUPS (Fator Topográfico) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

A sobreposição dos dados naturais do meio físico, expressos pelos parâmetros **A=R.K.LS** da EUPS, permitiu a elaboração de um Mapa de Erosão Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas (Figura 23), que não leva em conta a cobertura vegetal, nem os métodos conservacionistas, expressando assim, valores extremamente altos de erosão em ton/ha/ano (Tabela 8).

Tabela 8 – Classes de Fragilidade referentes à Erosão Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

ton/ha/ano	Classes de Fragilidade	Área em Km ²
Até 500	Muito Baixa	13,54
500 a 1000	Baixa	26,03
1000 a 2000	Média	27,44
2000 a 3000	Alta	2,34
3000 a 5000	Muito Alta	3,13

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

Considerando a distribuição das classes de fragilidade propostas na tabela acima e demonstradas na Figura 22, constatou-se três regiões potencialmente problemáticas quanto ao alto índice de erosão laminar (Figura 24), que sobreposta ao mapa de solos (Figura 8), abrangeu nitidamente as áreas de predominância dos Neossolos Litólicos eutróficos, que também tem por características as declividades mais acentuadas.

O Mapa de Erosão Potencial por si só, pode ser considerado um instrumento muito importante para o planejamento e gestão da bacia, pois de forma simples aponta as áreas com maior predisposição física à erosão laminar e conseqüentemente a outros tipos de erosão (sulcos, ravinas entre outros – Figura 23).

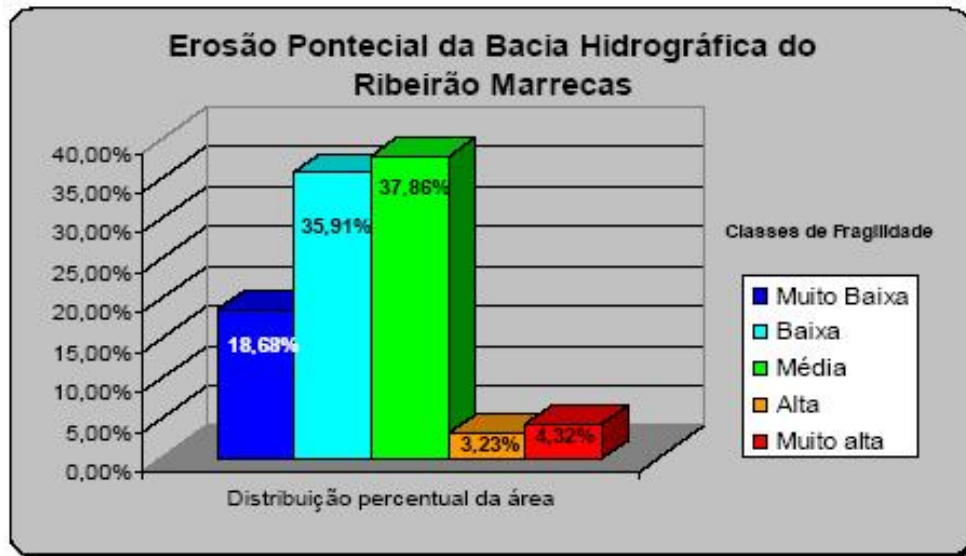


Figura 22 – Gráfico de distribuição percentual do Potencial Erosivo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)



Figura 23 – Foto de área com presença de processos erosivos decorrentes da concentração de fluxo.

Fonte: Campos, R. (2006)

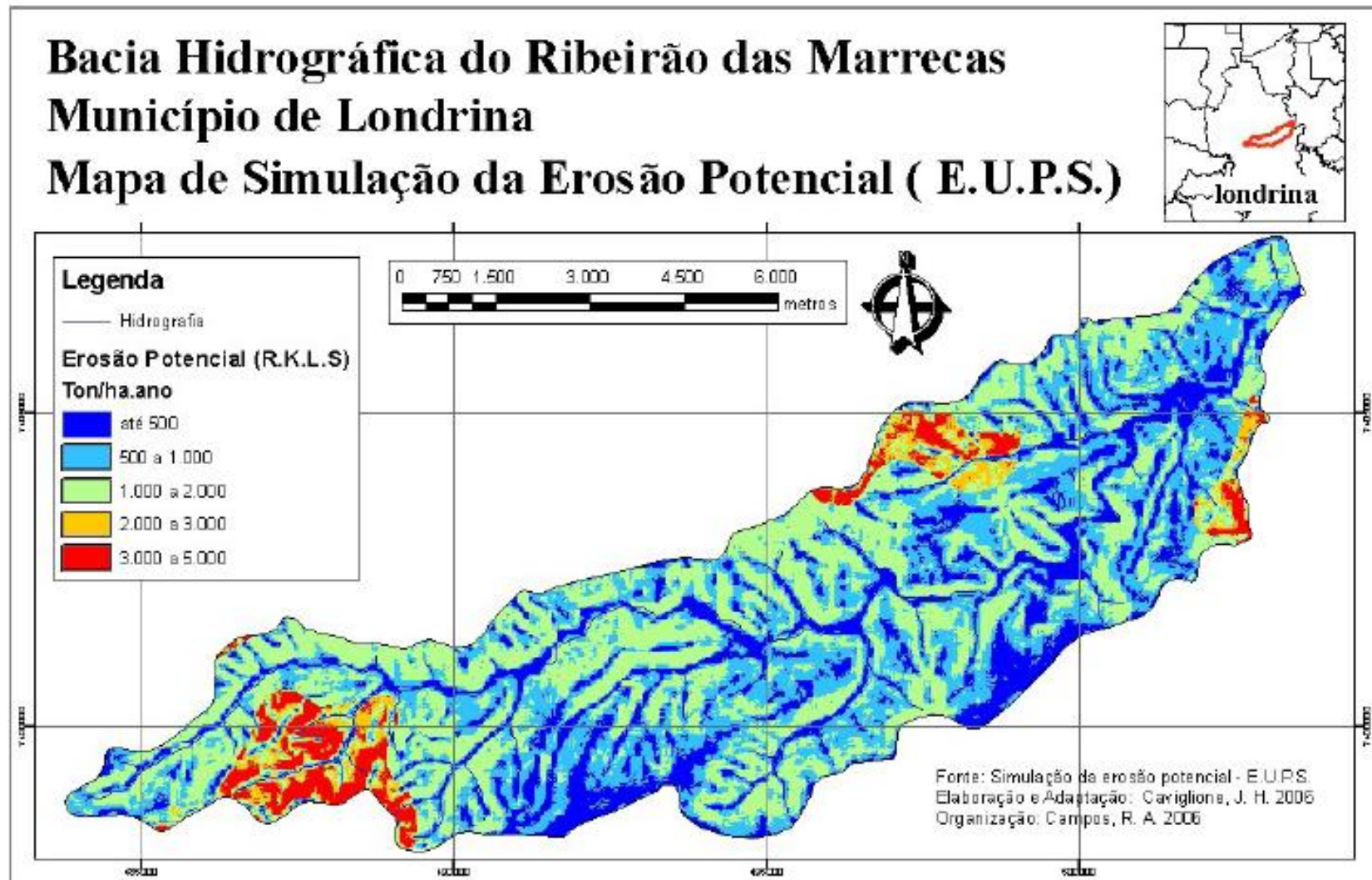


Figura 24 – Mapa Erosão Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Com os resultados da erosão potencial da bacia já definidos houve a necessidade de se inferir o parâmetro uso do solo, que nesta equação denomina-se Fator C. Para tanto, a partir do Mapa de Uso Atual do Solo, foi elaborado outro chamado de Mapa do Fator C (Figura 26), que se constitui na forma de ocupação antrópica do espaço (OLIVEIRA, 2004), estipulando-se valores para cada tipo de uso (Tabela 9). Este é um parâmetro muito importante em conjunto com as práticas conservacionistas, constituindo um fator decisivo nas perdas de solos.

Tabela 9 – Distribuição das classes de Uso do Solo – Fator C em Km² da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Classes de Uso do Solo	Valor Fator C	Área em Km ²
Nuvens	0	1,06
Florestas	0,0004	7,69
Pastagens	0,01	1,19
Lavoura (temporárias)	0,2	62,11
Área Urbana	1	0,42

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

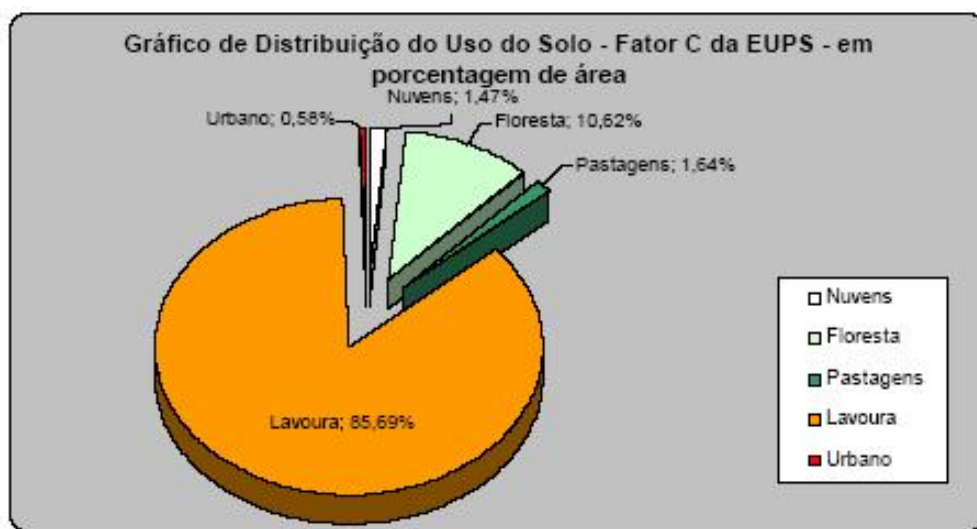


Figura 25 – Gráfico de distribuição percentual de Uso do solo – Fator C – da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

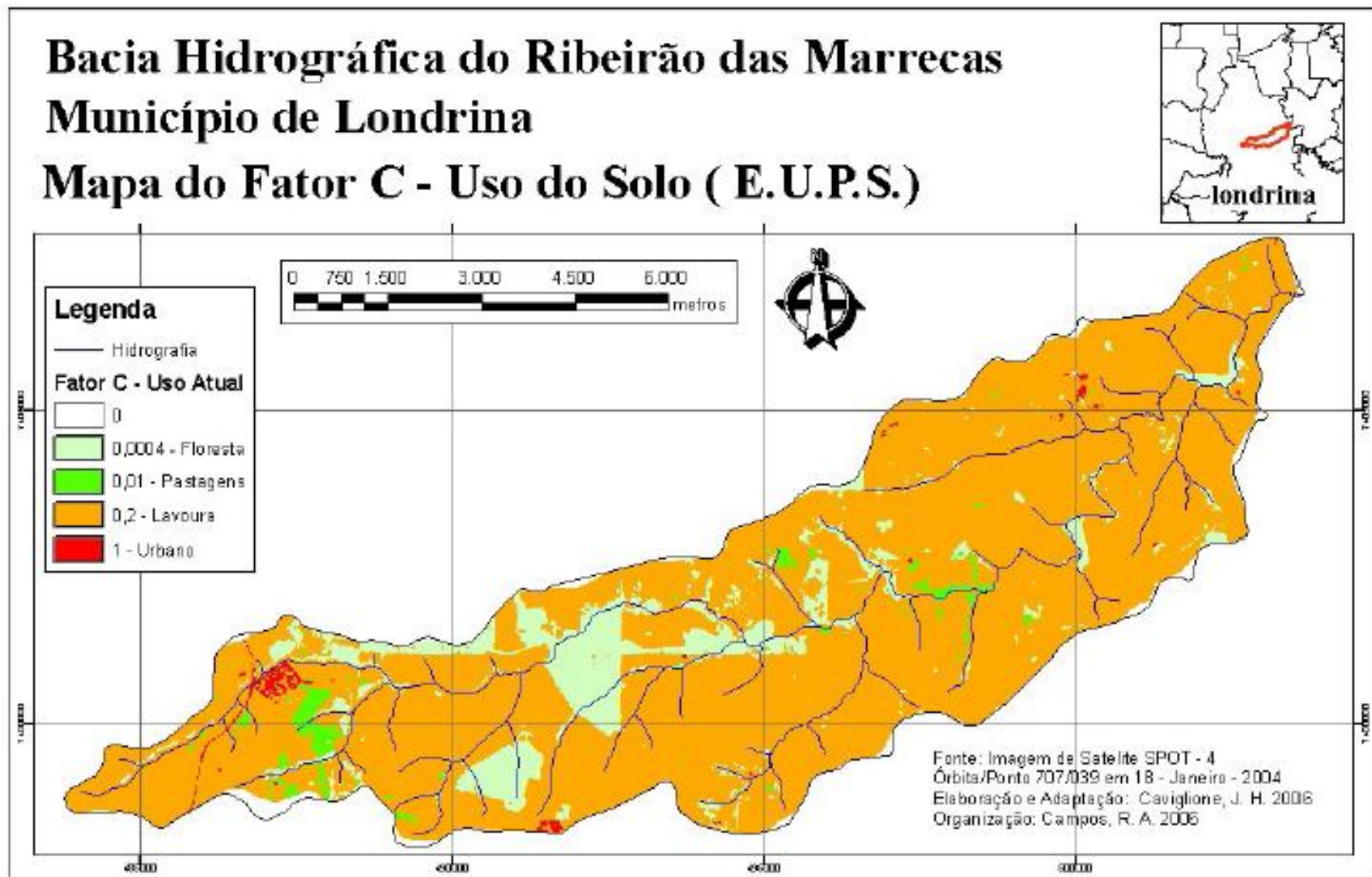


Figura 26 – Mapa de Fator C – Uso Atual do Solo – da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

O cruzamento de todas as informações físico-ambientais e socioeconômicas apuradas, possibilitou a construção de um Mapa de Simulação de Erosão (dentro dos parâmetros da EUPS – Figura 28), e a posterior obtenção de dados (Tabela 10 e Figura 27), que nortearam as discussões acerca do estado ambiental da bacia, servindo de base para comparação com outras simulações e propostas de uso.

Tabela 10 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão do Uso Atual da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

ton/ha/ano	Classes de Fragilidade	Área em Km ²
< 15	Muito Baixa	0,92
15 a 30	Baixa	4,69
30 a 50	Média	7,49
50 a 100	Alta	26,85
> 100	Muito Alta	32,53

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

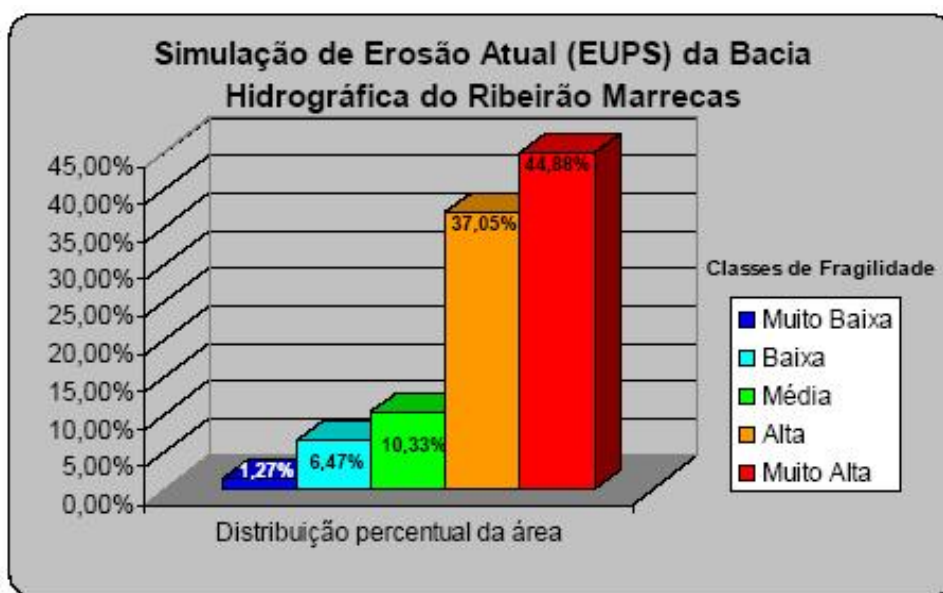


Figura 27 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão do Uso Atual – EUPS – da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

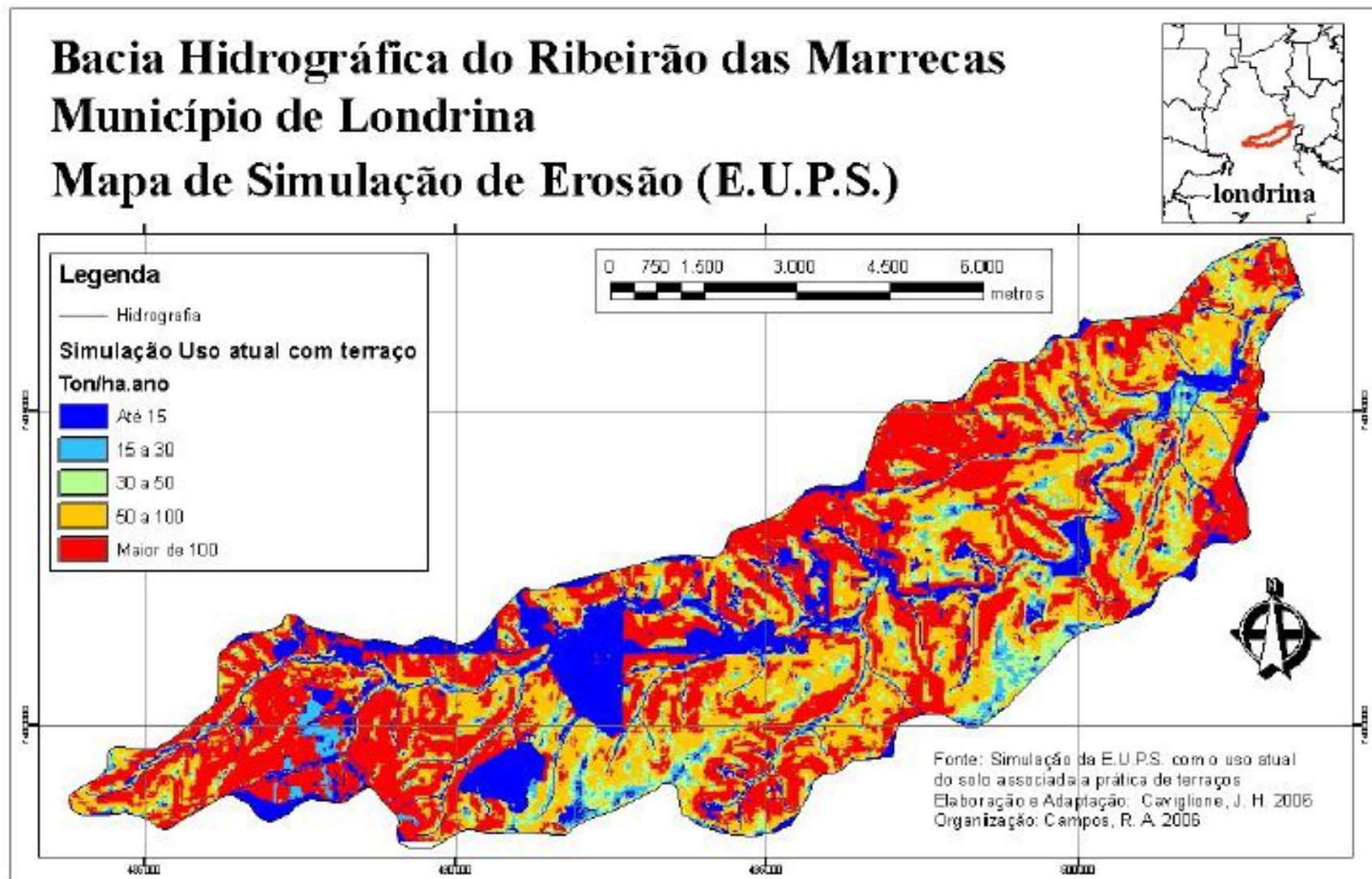


Figura 28 – Mapa de Simulação de Erosão do Uso Atual do Solo (EUPS) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Na figura 29 apresenta-se um gráfico comparativo entre o Potencial Erosivo e a Simulação de Erosão no Uso Atual do solo, que foi elaborado a partir das divisões de classes de fragilidade ambiental – sendo a erosão laminar o indicador ambiental – onde se percebe nitidamente a importância do fator CP (Uso do Solo e Práticas Conservacionistas).

Nas Figuras 30 a 59, observa-se que a área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marrecas está sob forte utilização agropecuária, principalmente agrícola com culturas temporárias, tendo seu solo constantemente exposto aos agentes dos processos erosivos até mesmo nas áreas de plantio direto, onde houve o desmonte dos murunduns, alargando suas bases e diminuindo sua altura, ficando em alguns lugares apenas a marca dos terraços.

Existe também o problema da falta de vegetação permanente (tanto das reservas legais, quanto das matas ciliares), podendo-se afirmar que na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas o manejo intensivo do solo agrícola não tem respeitado as capacidades de uso da terra quanto aos aspectos físicos, o que fica comprovado na comparação feita no gráfico a seguir (Figura 29).

O uso do solo sem ou com pouco planejamento que vem ocorrendo nesta área, aumenta muito o passivo ambiental público e privado, pois deve-se lembrar que os recursos naturais constituem um bem social, e que o direito público vem antes do privado, sendo assim, quando se chega a resultados alarmantes de perdas de solo, também deve-se ter em conta que este não é o único recurso natural que o sistema está perdendo. Entre outros, destacam-se as perdas hidrológicas, pois se há intenso escoamento superficial, menos água percolará, acentuando os picos de cheias nos cursos d'água e a consecutiva falta e rebaixamento do lençol freático em momentos de estiagem prolongada, acarretando problemas nas duas situações, enchentes nas cheias e falta de umidade nos solos para suprir as necessidades das culturas temporárias.

Todos estes problemas são comuns à área, como foi observado em campo e registros fotográficos, que vieram convalidar os resultados obtidos a partir da equação estatística (EUPS), aplicada para definir o estado ambiental atual desta bacia. O objetivo destes estudos ambientais não foi a quantificação, mas sim a qualificação e a definição do quadro físico-ambiental que interessava à análise do estado ambiental da referida bacia.

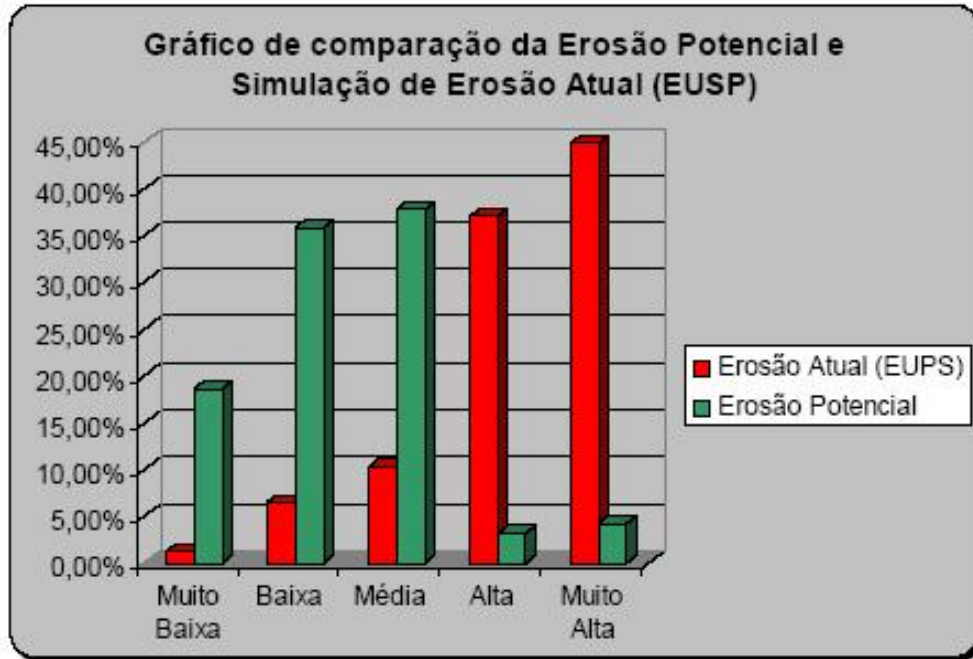


Figura 29 – Gráfico de comparação da Erosão Potencial com a Simulação de Erosão Atual (EUPS) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

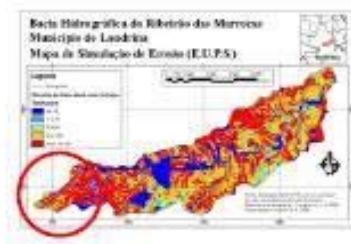


Figura 30 – Foto da área de cabeceira da B.H. do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 31 – Foto da área de nascente com posterior represamento, o 1º de 7.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 32 – Foto de área agrícola com presença de erosão laminar.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 33 – Foto do último represamento do Ribeirão das Marrecas, à margem da PR 445.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 34 – Foto da área urbana do Distrito de Irerê na margem direita, com remanescente florestal na margem esquerda, ao fundo.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 35 – Foto de cultura de café nas declividades mais acentuadas.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 36 – Foto de cultura de café em área de Neossolos.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 37 – Foto de área agrícola com plantio direto e cultura de café ao fundo em área declivosa.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 38 – Foto de cultura de café no alto dos espigões e cultivo em plantio direto nas regiões mais baixas.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 39 – Foto de cultura temporária (plantio direto) com presença de murunduns.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 40 – Foto de cultivo de milho “safrinha” – os terraços são de base larga para viabilizar o uso extensivo da terra.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 41 – Foto de solo degradado pela erosão laminar, perda de área cultivável.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 42 – Foto de outro aspecto do solo degradado.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 43 – Foto de murunduns usados para tentar conter a erosão próxima as estradas rurais.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 44 – Foto de plantio direto, porém a presença de terraços é de difícil visibilidade, devido ao seu quase desmonte.

Fonte: Campos, R. (2006)

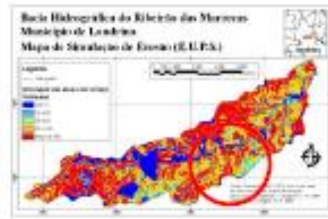


Figura 45 – Foto de cultura de soja em plantio direto.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 46 – Foto de outro aspecto da área, remanescente florestal, que resiste devido a alta declividade.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 47 – Foto de lavoura sem cultivo, nota-se que os terraços estão quase planificados.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 48 – Foto de área com profundas feições erosivas à margem da estrada.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 49 – Foto de ravina profunda que se não controlada pode evoluir para voçorocamento.

Fonte: Campos, R. (2006)

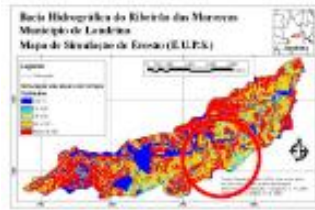


Figura 50 – Foto de área com o processo erosivo já formando sulcos – ineficiência dos terraços de base larga, neste caso.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 51 – Foto de outra área na mesma situação da imagem anterior.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 52 – Foto extração de “moledo” para capeamento das estradas rurais da região.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 53 – Foto rocha intemperizada usada para “moledo” de capeamento.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 54 – Foto panorâmica do médio curso visando à jusante da bacia.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 55 – Foto de área com menor identificação de processos erosivos visíveis.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 56 – Foto de área próxima a foz, em destaque a sede do Distrito de Maravilha.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 57 – Foto da área de foz com o Rio Tibagi, desprovida de mata ciliar.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 58 – Foto do Ribeirão Marrecas à poucos metros da sua foz.

Fonte: Campos, R. (2006)



Figura 59 – Foto da desembocadura com o Rio Tigabi, bacia da qual o Ribeirão das Marrecas é tributário.

5.2 SIMULAÇÕES E PROPOSTAS DE USO DO SOLO

Ao final do diagnóstico de uso atual tornou-se necessário, também, elaborar algumas simulações de possíveis formas de Uso do Solo para a bacia, com o intuito de respaldarem planejamentos de melhor gestão para a área. Nesta simulações o uso de pastagem se sobressaiu como a melhor opção (Tabela 11 e Figuras 60 e 62), não apresentando classes de fragilidade média, alta e muito alta.

Porém este foi apenas um exercício, dificilmente isto seria economicamente viável, pois, trata-se de uma mudança radical de uso, que na atualidade não é justificável. E também o que demonstra esta simulação não se reflete na realidade percebida em campo, onde as pastagens estão muito degradadas na maioria dos locais visitados, pois acabam sendo destinadas as áreas menos produtivas do ponto de vista agrícola, geralmente declivosas, encharcadas e pedregosas (Neossolos Litólicos), conforme atesta-se na Figura 61. Algumas destas áreas serviriam notadamente apenas à preservação permanente.

Tabela 11 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão de Uso com Pastagem na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

ton/ha/ano	Classes de Fragilidade	Área em Km ²
< 15	Muito Baixa	57,98
15 a 30	Baixa	14,50
30 a 50	Média	0
50 a 100	Alta	0
> 100	Muito Alta	0

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

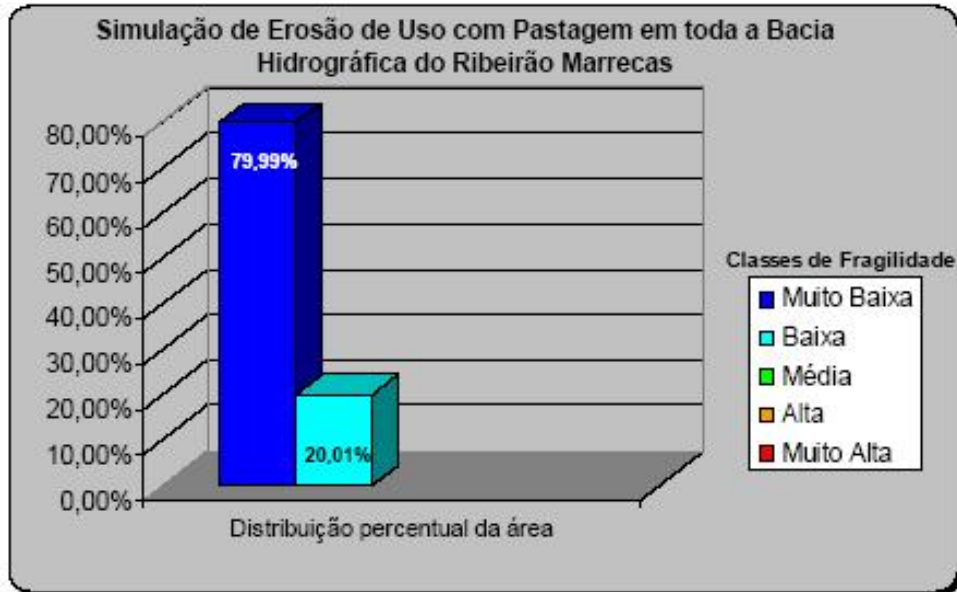


Figura 60 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão de Uso com Pastagem na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)



Figura 61 – Foto de pastagem degradada em área de declividade acentuada.

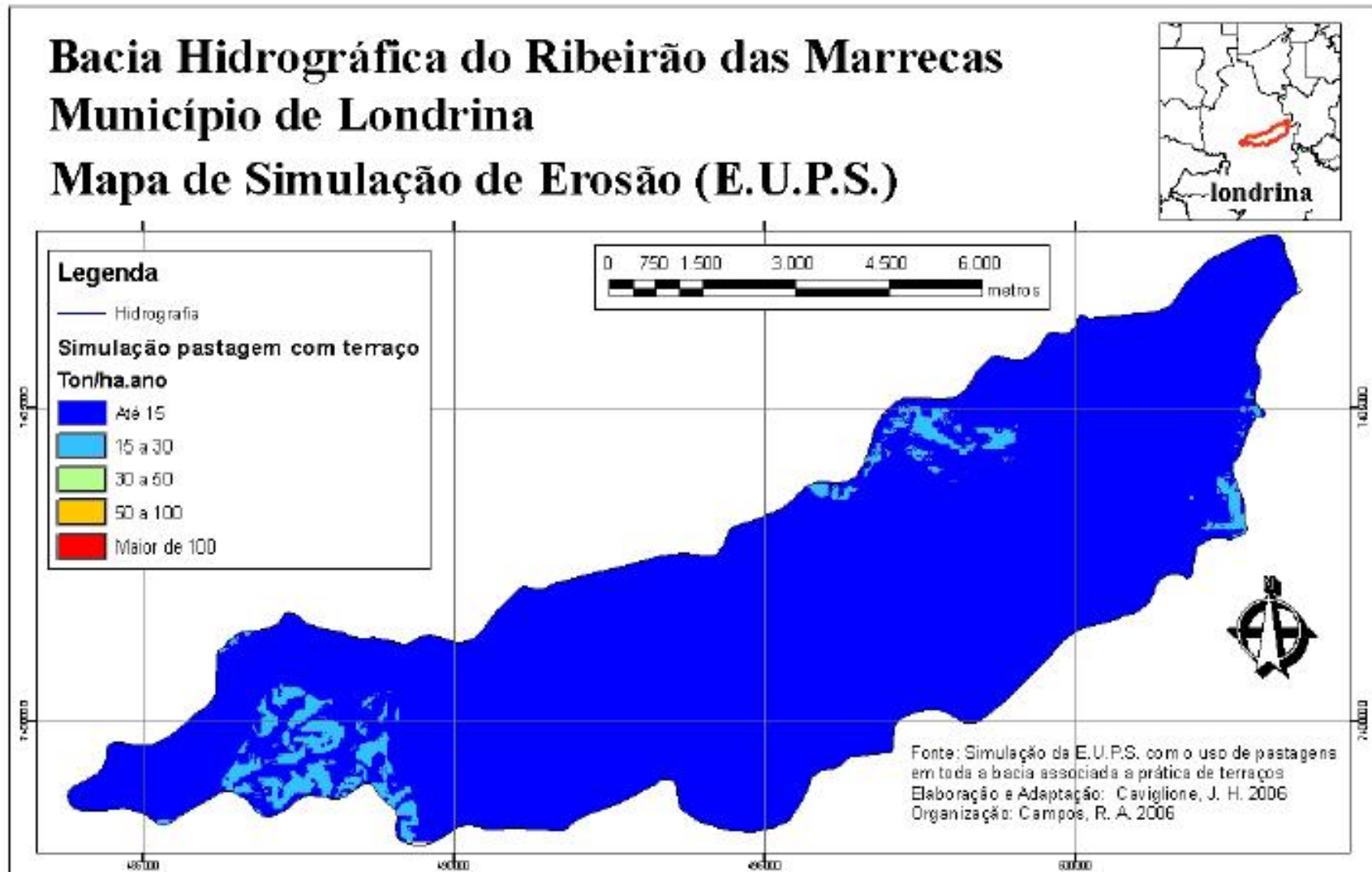


Figura 62 – Mapa de Simulação de Erosão de Uso com Pastagem na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Outra simulação realizada, foi a implementação de cordão vegetado na área de estudo, mantendo o uso atual (Figuras 63 e 64), sem a necessidade de nenhuma mudança drástica nos modos de produção. Esta simulação apresentou uma melhora significativa em relação ao uso real (Tabela 12).

Tabela 12 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão do Uso Atual com Cordão Vegetado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

ton/ha/ano	Classes de Fragilidade	Área em Km ² c/ Cordão Vegetado	Área em Km ² c/ uso atual
< 15	Muito Baixa	6,78	0,92
15 a 30	Baixa	18,10	4,69
30 a 50	Média	24,11	7,49
50 a 100	Alta	19,23	26,85
> 100	Muito Alta	4,26	32,53

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

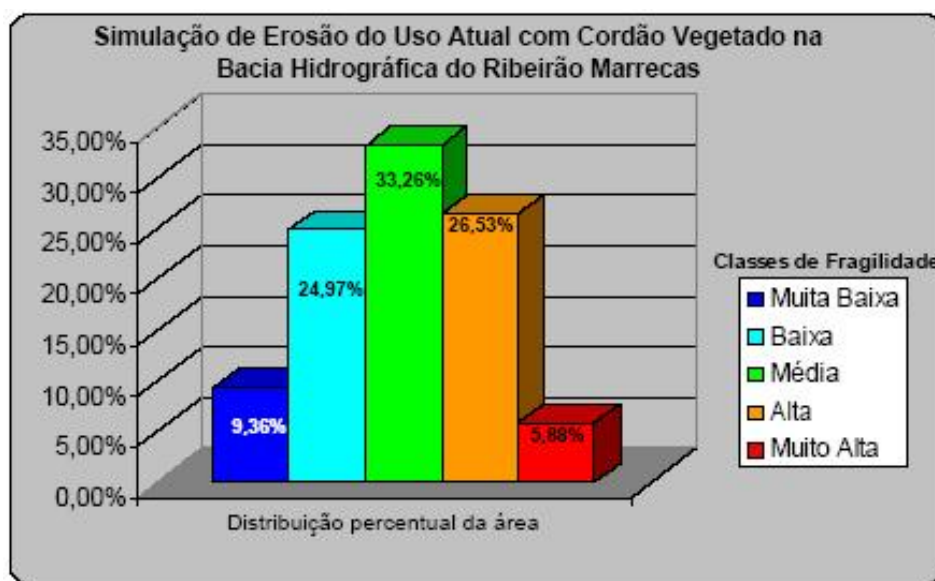


Figura 63 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão do Uso Atual com Cordão Vegetado na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

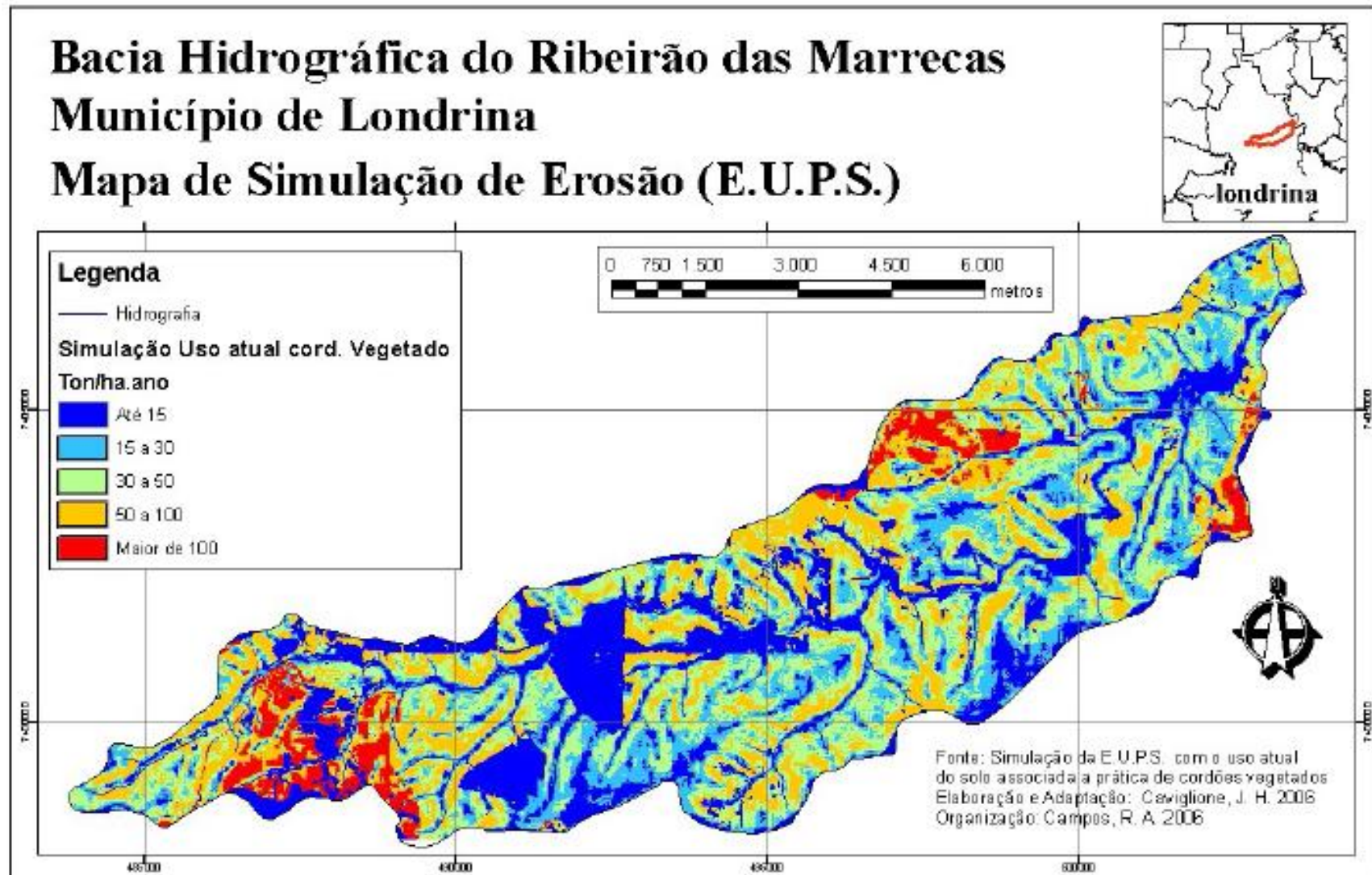


Figura 64 – Mapa de Simulação de Erosão do Uso Atual do Solo (EUPS) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

O Mapa de simulação de erosão com cultivo de cana-de-açúcar (Figura 66) foi elaborado, tendo-se como respaldo o fato de que o Brasil está se destacando como um dos precursores no uso do bio-combustível como importante matriz energética, não só no âmbito nacional, mas principalmente internacional. Sendo assim, não seria difícil num futuro próximo esta mudança no uso do solo.

Tabela 13 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Cana-de-Açúcar na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

ton/ha/ano	Classes de Fragilidade	Área em Km ² c/ Cana-de-Açúcar	Área em Km ² c/ uso atual
< 15	Muito Baixa	2,75	0,92
15 a 30	Baixa	8,90	4,69
30 a 50	Média	19,69	7,49
50 a 100	Alta	32,27	26,85
> 100	Muito Alta	8,86	32,53

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

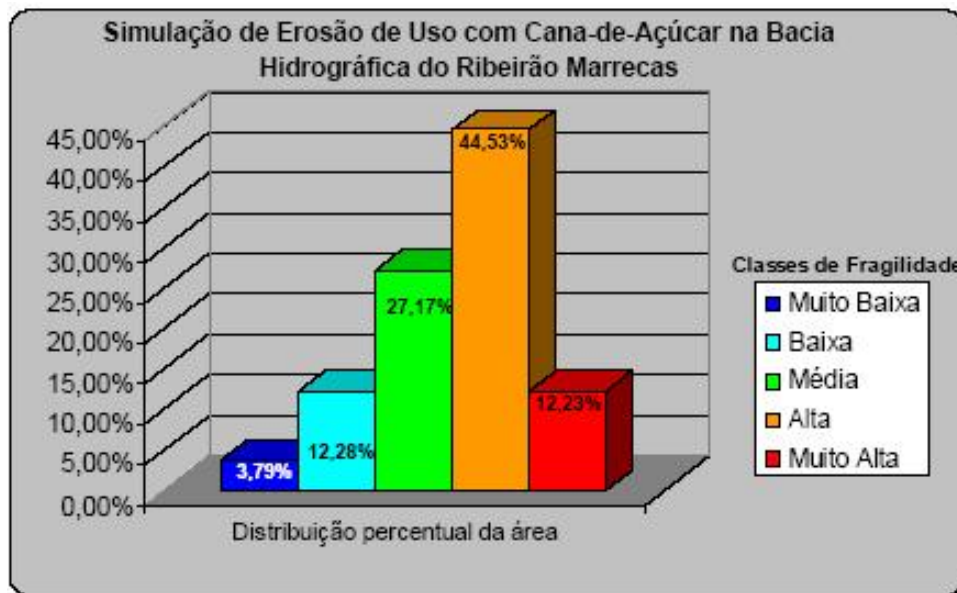


Figura 65 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão no Uso Cultivo de Cana-de-Açúcar na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

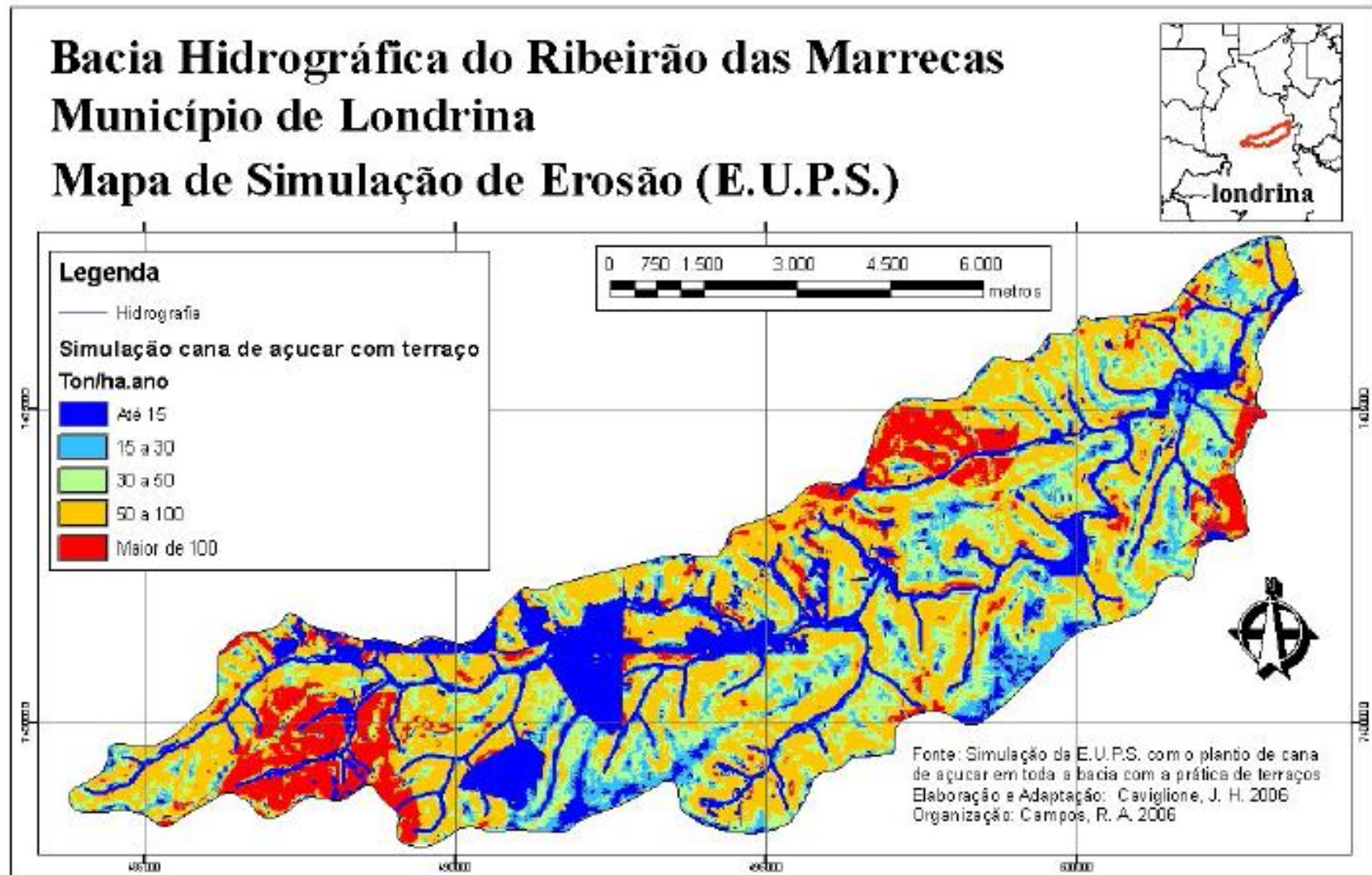


Figura 66 – Mapa de Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Cana-de-Açúcar na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

No caso do Mapa de simulação de erosão com cultivo de café (Figura 68), foi realizado um exercício retrospectivo, pois sabe-se que a maior parte da região, não só na bacia, era recoberta pelo cultivo de café até a década de 70, sendo este cultivo o maior responsável pela retirada da vegetação nativa. Sendo assim, esta é uma simulação meramente especulativa, porém não desprezível a título de comparação (Tabela 14 e Figura 67).

Tabela 14 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Café na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

ton/ha/ano	Classes de Fragilidade	Área em Km ² c/ cultura de café	Área em Km ² c/ uso atual
< 15	Muito Baixa	1,25	0,92
15 a 30	Baixa	6,60	4,69
30 a 50	Média	15,58	7,49
50 a 100	Alta	32,68	26,85
> 100	Muito Alta	16,37	32,53

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

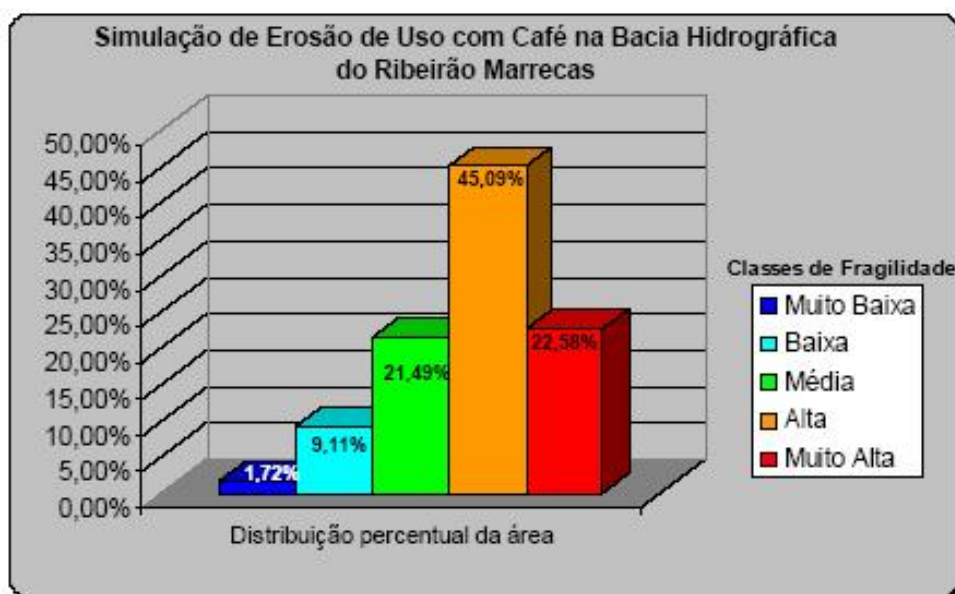


Figura 67 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Café na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

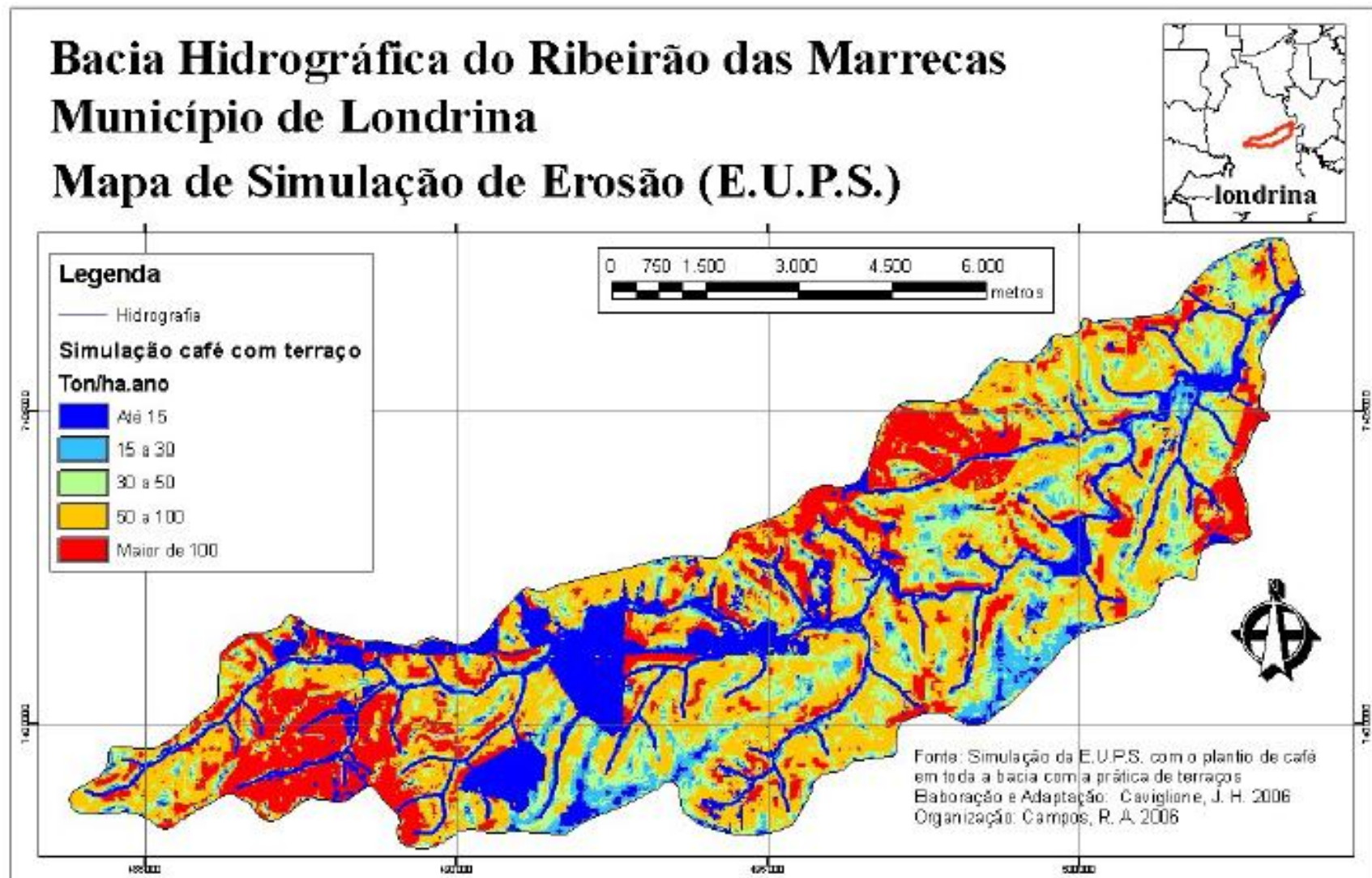


Figura 68 – Mapa de Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Café na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

O Mapa de simulação de erosão no cultivo de mandioca (Figura 70) foi realizado também para efeito de comparação de uso do solo, figurando como um dos usos mais impactantes (Tabela 15 e Figura 69). Entretanto, esse cultivo apresenta viabilidade econômica a longo prazo em pequenas áreas. Atualmente, em grandes extensões essa cultura torna-se inexequível.

Tabela 15 – Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Mandioca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas

ton/ha/ano	Classes de Fragilidade	Área em Km ² c/ mandioca	Área em Km ² c/ uso atual
< 15	Muito Baixa	0,48	0,92
15 a 30	Baixa	3,67	4,69
30 a 50	Média	7,11	7,49
50 a 100	Alta	27,55	26,85
> 100	Muito Alta	33,67	32,53

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

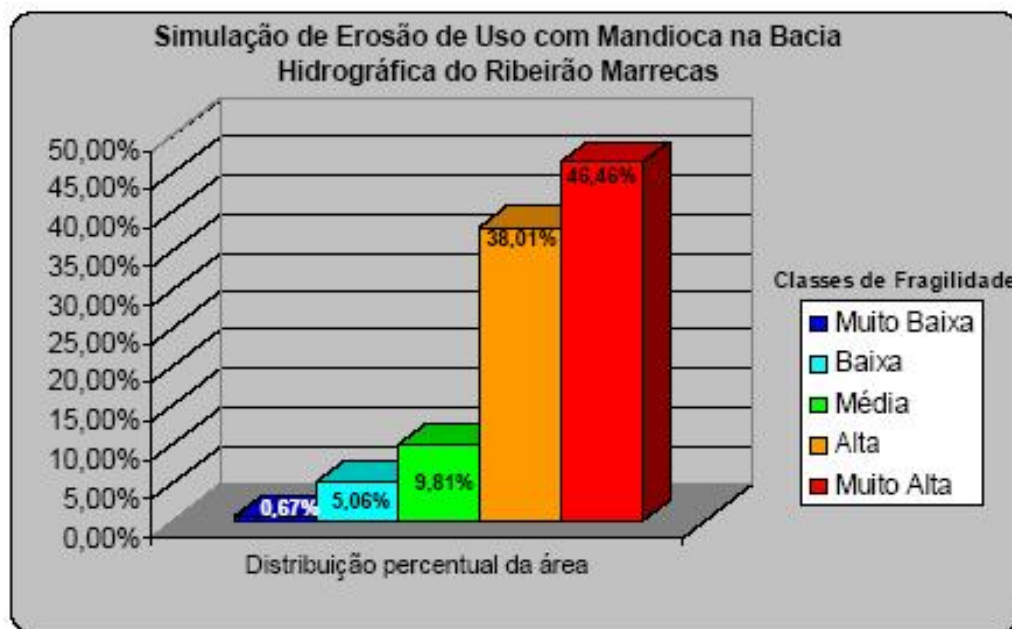


Figura 69 – Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Mandioca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

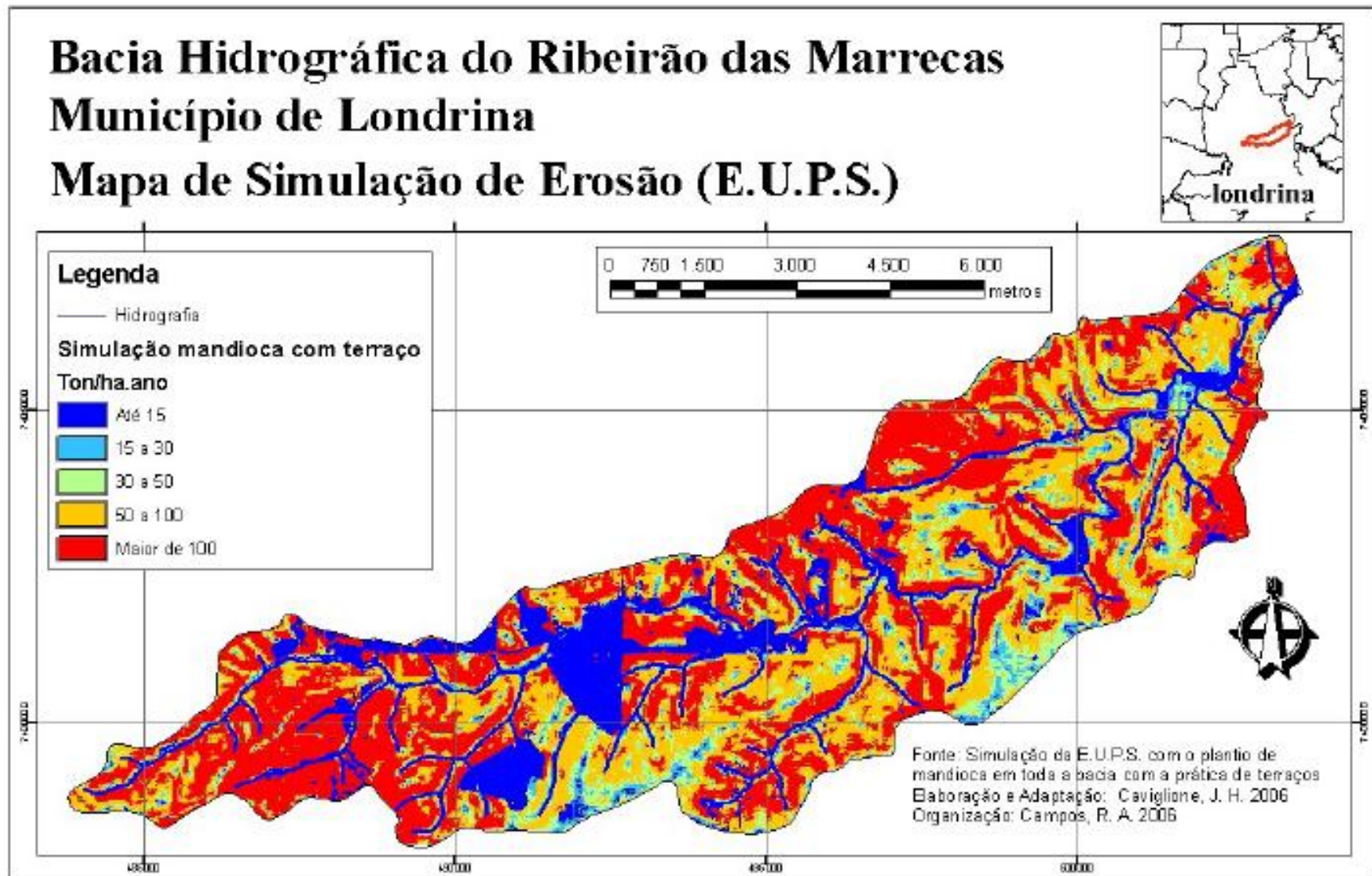


Figura 70 – Mapa de Simulação de Erosão de Uso de Cultivo de Mandioca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Das simulações realizadas neste trabalho, o Mapa de Uso Atual com Cordão Vegetado foi o que apresentou melhores indicadores (Figura 71), levando-se em conta as viabilidades técnicas e econômicas da região.

Outro aspecto que se levou em consideração foi a urgência em se recompor as áreas de reserva florestal permanente, pelo menos no que diz respeito a Lei n. 4.771/65, em relação à preservação das matas ciliares, para tanto foi elaborado um Mapa de Cobertura Vegetal (Figura 72) como proposta de recuperação ao ambiente degradado.

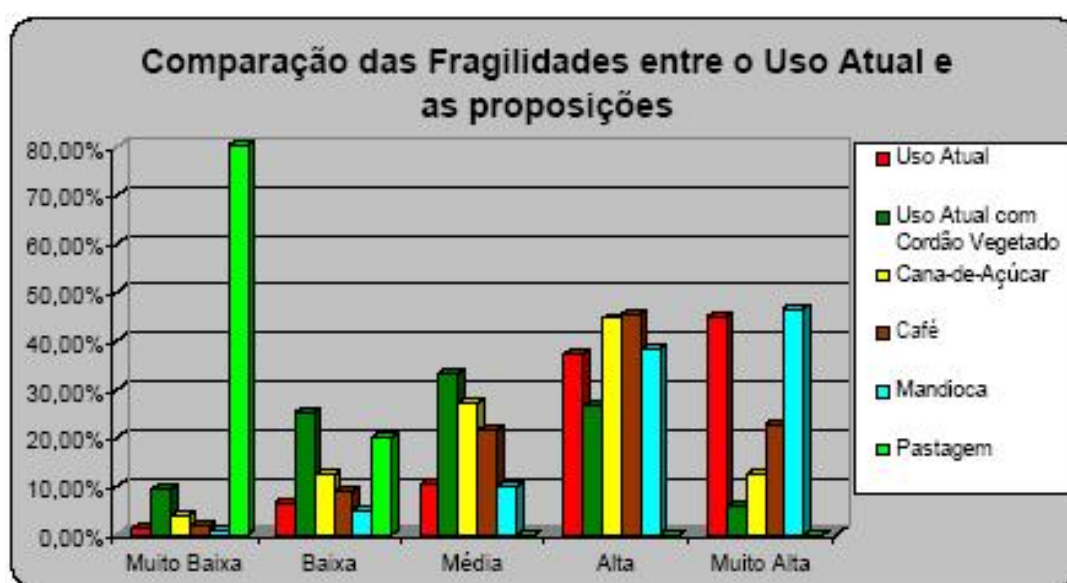


Figura 71 – Gráfico comparativo entre as formas de Uso do solo

Fonte: Org.: Campos, R. (2006)

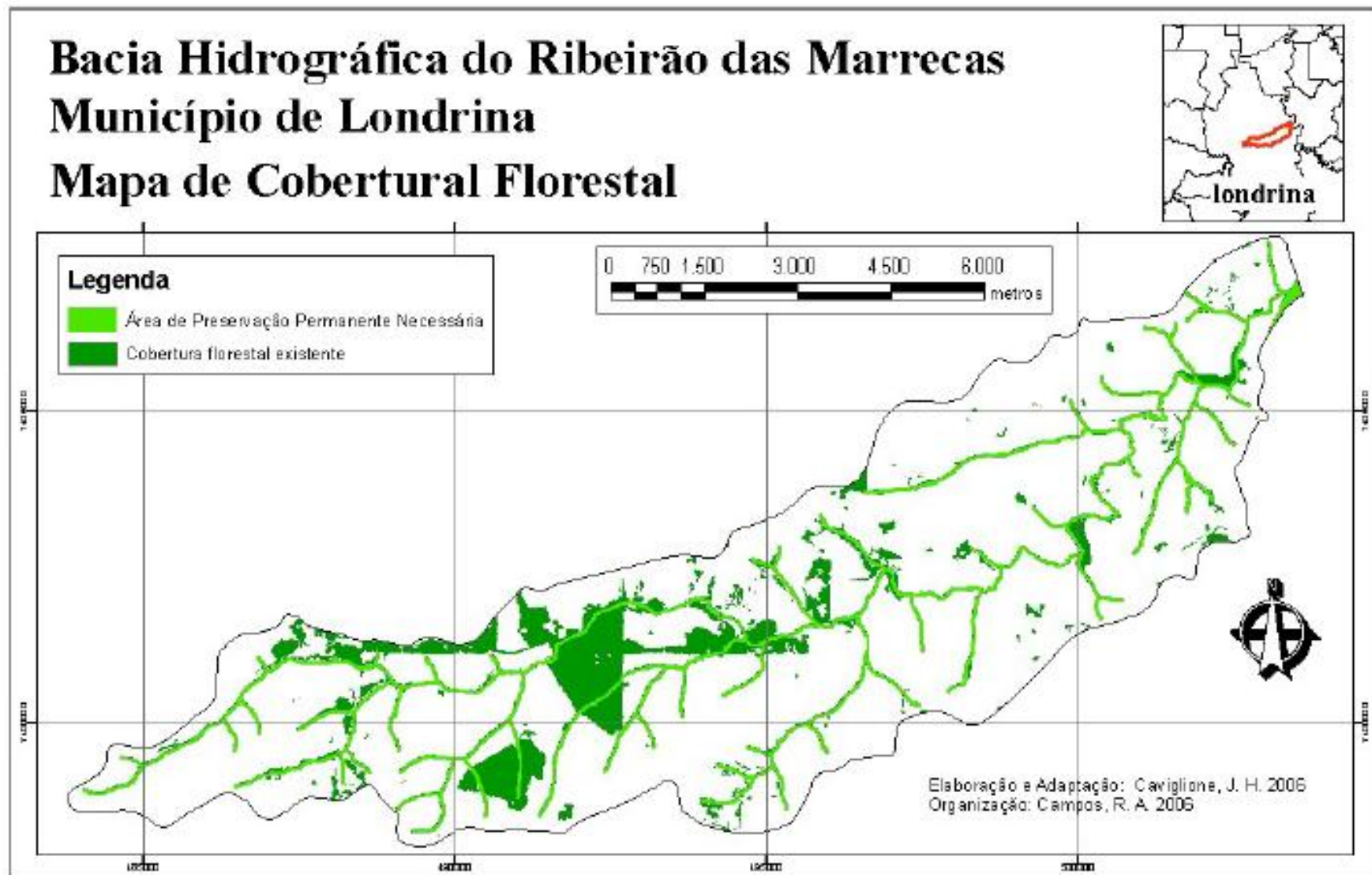


Figura 72 – Mapa de Proposta de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas, baseado na Legislação Ambiental.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia desenvolvida na pesquisa poderá contribuir para o planejamento ambiental da área de forma mais adequada, evitando assim problemas decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo.

Baseado nos resultados obtidos pela aplicação da EUPS, foi possível observar que cerca de 81% da bacia enquadra-se na classe de qualidade ambiental baixa e muito baixa. A continuação dessa situação é preocupante, pois se não forem empreendidas ações urgentes para minimizar os impactos ambientais, poderá haver uma degradação ambiental gradativa que poderá ter caráter irreversível.

Um dos principais produtos deste trabalho foi o levantamento detalhado do estado ambiental da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

O índice de fragilidade ambiental decorrente do potencial erosivo da área em questão, permitiu a elaboração de várias simulações. Essas simulações proporcionaram um cenário do comportamento ambiental da referida bacia possibilitando antever a evolução desses processos de degradação ambiental.

Ficou evidenciado que o modelo atual de uso e ocupação do solo está bastante ultrapassado, pois não levou em consideração nem as potencialidades e nem as limitações do geossistema. A falta de proteção às nascentes, o desmatamento, a ausência de matas ciliares, o manejo inadequado dos solos levaram progressivamente aos processos de erosão e degradação que podem ser observados ao longo de toda a bacia hidrográfica.

Ações mitigadoras devem ser empregadas urgentemente para minimizar o panorama vigente. A começar pela mudança da visão antrópica que necessita alterar seu modo de vida resgatando o quadro original da área com ações que irão solucionar os problemas ambientais atuais, tais como: recuperação das matas ciliares, educação ambiental, uso racional das águas superficiais, incentivo a pequena produção familiar, etc.

Essas medidas iriam atenuar esses problemas ambientais aí encontrados, otimizando a produção, gerando trabalho e promovendo o desenvolvimento sustentável dessa região.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N.; MULLER-PLANTENBERG, C. (orgs.). **Previsão de Impactos**. 2 ed. São Paulo: Edusp, 1998.

ACIESP – Academia de Ciências do Estado de São Paulo. **Glossário de Ecologia**. São Paulo: ACIESP, 1987.

BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.

BERTONI, J. L.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4ª ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BRAGA, B. et al. Avaliação de impactos ambientais. In: _____. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CAMPOS, R. A.; MACHADO, W.; STIPP, N. A. F. Diagnosis of an environmental system: the case of hydrographical Micro Basin of Ribeirão das Marrecas in Londrina – Pr – Brazil. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, Special Issue, p. 953-960, 2005.

CAMPOS, R. A.; MACHADO, W.; STIPP, N. A. F. Estudos ambientais no espaço geográfico da Sub-Bacia do Ribeirão das Marrecas – Londrina – Pr. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA: GEOGRAFIA, TECNOCiência, SOCIEDADE E NATUREZA, 11, 2005. São Paulo. **Anais do XI Simpósio de Geografia Física Aplicada: Geografia, Tecnociência, Sociedade e Natureza**. São Paulo: USP, 2005, v. 1, p. 5220-5226.

CAMPOS, R. A.; MACHADO, W.; STIPP, N. A. F. Tipologia dos processos erosivos decorrentes do uso e ocupação do solo. In: SEMINÁRIO TEMÁTICO DE GEOGRAFIA DO NORTE DO PARANÁ: O BRASIL FRENTE AOS ARRANJOS ESPACIAIS DO SÉCULO XXI, 1, SEMANA DE GEOGRAFIA, 21, 2005. Londrina. **Anais do I Seminário Temático de Geografia do Norte do Paraná: O Brasil Frente aos Arranjos Espaciais do Século XXI – XXI Semana de Geografia**. Londrina: DGEO/UEL - AGB, 2005, v. 1, p. 1-13.

CAMPOS, R. A.; PIMENTA, P. S. P.; STIPP, N. A. F. Um olhar sobre o Parque Arthur Thomas no Centro Urbano de Londrina/Pr. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 10, 2005. São Paulo. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**. São Paulo: Departamento de Geografia – FFLCH – USP, 2005, v. 1, p. 2768-2783.

CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. (ed.). **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: IAPAR, 1996.

CETESB – Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico. **Carta Morfodinâmica da Serra do Mar na região de Cubatão – SP**. São Paulo: CETESB, 1991.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – Teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

CONTI, J. B. **A Geografia Física e as relações sociedade/natureza no mundo tropical**. São Paulo: Humanitas – FFLCH/USP, 1997.

DORST, J. **Antes que a natureza morra: por uma ecologia política**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. São Paulo: Difel, 1986.

EMATER. **Programa nacional de microbacias hidrográficas**. Brasília: EMATER, 1987.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias & IAPAR – Instituto Agrônomo Paranaense. **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Brasília, 1981. (Mapa Temático. Escala 1:600.000).

FERRETTI, E. R. **Diagnóstico físico-conservacionista** – DFC da Bacia do Rio Marrecas – Sudeste do PR. Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

GALETTI, P. A. **Conservação do solo: Reflorestamento: Clima**. 2ª ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1982.

GRAZIANO DA SILVA, J. **O novo rural brasileiro**. 2ª ed. Campinas: UNICAMP/IE, 1999.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (orgs.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos – conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

IAPAR. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. CD-Room. Londrina: IAPAR, 2000.

LEPSCH, L. F. (coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1983.

MACHADO, P. J. de O. **Uma proposta de zoneamento ambiental para bacia hidrográfica da represa de São Pedro**. Juiz de Fora – MG. Dissertação (Mestrado em Geografia) UNESP – Presidente Prudente, 1998.

MACHADO, W.; CAMPOS, R. A.; STIPP, N. A. F. Consideration about a conservationist study about the Micro Basins Hydrographics of the Rivers dos Apertados and Três Bocas, North of Paraná – Brazil. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, Special Issue, p. 353-360, 2005.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3ª ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MÜLLER, M. S.; CORNELSEN, J. M. **Normas e padrões para teses, dissertações e monografias**. 5. ed. atual. Londrina: EDUEL, 2003.

OLIVEIRA, A. M. M. de. **Aplicação de geotecnologias e do modelo EUPS como subsídio ao planejamento do uso da terra: estudo de caso no alto curso da microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, Iracemópolis, S.P.** 2004. 114 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

PARANÁ. **Atlas do estado do Paraná**. Curitiba: ITCF, 1987.

PRADO, J. P. B. de; NÓBREGA, M. T. de. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Sci. Technol.**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 33-42, jan./jun. 2005.

RAMALHO FILHO, A. A importância do uso racional das terras. Entrevista concedida à Revista "Ação Ambiental". **Rev. Ponto de Vista**, Viçosa: Ed. UFV, ano 01, n. 02, out./nov. 1998.

RAMOS, E. C. Educação ambiental: origem e perspectivas. **Educar**. Curitiba: Ed. UFPR, n. 18, p. 201-218, 2001.

RENARD, K. G., et al. (coord.). **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss Equation (RUSLE)**. U. S. Dept. of Agriculture: Agric. Handbook n. 703, 1997.

RIBEIRO, D. E. et al. **Os índios e a civilização: a integração das populações indígenas no Brasil moderno**. 3ª ed. Petrópolis: Vozes, 1991.

RODRIGUES, S. C. Análise das fragilidade do relevo. Abordagem empíricoexperimental. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 12, n. 23, p. 167-189, jan./jun. 2000.

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

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. **Rev. Bras. De Ciências do Solo**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 439-444, set./dez. 1993.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In.: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

STIPP, N. A. F. **Macrozoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (Pr)**. Londrina: Ed. UEL, 2000.

TOMAZONI, J. C. et al. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na Bacia do Rio Anta Gorda (PR). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 3, n. 1, p. 1-21, jan./jun. 2005.

TOMMASI, L. R. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo: CETESB: Terragraph Artes e Inf., 1993.

TRICART, J. **Principles e methodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson et Cie. Ed., 1965.

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003.

USGS – United States Geological Survey. **SRTM – Shuttle Radar Topography Mission**. Site oficial: <http://srtm.usgs.gov/data/obtainingdata.html>. Acessado em: 15/05/2006.

VALÉRIO FILHO, M. Gerenciamento de bacias hidrográficas com aplicação de técnicas de geoprocessamento. In: **Análise ambiental: estratégias e ações**. Rio Claro: T. A. Queiroz Editor, 1995. Cap. 3.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: Guide for selection of Practices for Soil and Water Conservation.** U. S. Dept. of Agriculture: Agric. Handbook n. 282, 1965.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning.** Agriculture Handbook, n. 537, U.S. Department of Agriculture, Washington, 1978.

VÁZQUEZ-FERNÁNDEZ, G. A. et al. Determinação de seqüências culturais em microbacia hidrográfica para caracterização do Fator C da EUPS, utilizando fotografia aérea. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, p. 63-67, 1996. (Cd-Room).

VITTE, A. C. Metodologia para cálculo de perdas de solo em bacias de drenagem. **Bol. Par. de Geociências**, Curitiba, n. 45, p. 59-65, 1997.