

SEVEN

EDITORIA
2026

Estudos Ambientais no Espaço Geográfico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas – Londrina-PR

Ricardo Aparecido Campos



EDITORIA CHEFE

Prof^o Me. Isabele de Souza Carvalho

EDITOR EXECUTIVO

Nathan Albano Valente

AUTOR DO LIVRO

Ricardo Aparecido Campos

PRODUÇÃO EDITORIAL

Seven Publicações Ltda

EDIÇÃO DE ARTE

Evellyn Thais de Souza

EDIÇÃO DE TEXTO

Stephanie Caroline Meyer de Quadros

BIBLIOTECÁRIA

Bruna Heller

IMAGENS DE CAPA

Evellyn Thais de Souza

2026 by Seven Editora

Copyright © Seven Editora

Copyright do Texto © 2026 Os Autores

Copyright da Edição © 2026 Seven Editora

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Seven Publicações Ltda. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Seven Publicações Ltda é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação.

Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.



O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional

CORPO EDITORIAL

EDITORA-CHEFE

Prof. Me. Isabele de Souza Carvalho

CORPO EDITORIAL

Adriana Barni Truccolo – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
Adriana Barretta Almeida – Universidade Federal do Paraná
Alessandre Gomes de Lima – Faculdade de Medicina da Universidade do Porto
Anderson Nunes da Silva – Universidade Federal do Norte do Tocantins
Antonio da Costa Cardoso Neto – Universidade de Flores, Buenos Aires
Antônio Alves de Fontes Júnior – Universidade Cruzeiro do Sul
Ariane Fernandes da Conceição – Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí, CEAD
Caio Vinicius Efigenio Formiga – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Charles Henrique Andrade de Oliveira – Universidade de Pernambuco
Egas José Armando – Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique
Inaldo Kley do Nascimento Moraes – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Irlane Maia de Oliveira – Universidade Federal de Mato Grosso
Janyel Trevisol – Universidade Federal de Santa Maria
Jorge Fernando Silva de Menezes – Universidade de Aveiro
Jorge Luís Pereira Cavalcante – Fundação Universitária Iberoamericana
Kleber Farinazo Borges – Universidade de Brasília
Luiz Gonzaga Lapa Junior – Universidade de Brasília
Mara Lucia da Silva Ribeiro – Universidade Federal de São Paulo
Marcelo Silva de Carvalho – Universidade Federal de Alfenas
Marcos Garcia Costa Morais – Universidade Estadual da Paraíba
Maria Gorete Valus – Universidade de Campinas
Mônica Maria de Almeida Brainer – Instituto Federal de Goiás, Câmpus Ceres
Moacir Silva de Castro – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Paulo Roberto Duailibe Monteiro – Universidade Federal Fluminense
Pedro Henrique Ferreira Marçal – Universidade Vale do Rio Doce
Rafael Braga Esteves – Universidade de São Paulo
Telma Regina Stroparo – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Valéria Raquel Alcantara Barbosa – Fundação Oswaldo Cruz
Wanderson Santos de Farias – Universidade do Desenvolvimento Sustentável
Yuni Saputri M.A. – Universidade de Nalanda, Índia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

C198e Campos, Ricardo Aparecido.

Estudos Ambientais no Espaço Geográfico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas - Londrina-PR [recurso eletrônico] / Ricardo Aparecido Campos. – São José dos Pinhais, PR: Seven Editora, 2026.

Dados eletrônicos (1 PDF).

ISBN 978-65-6109-350-7

1. Geografia. 2. Bacia. 3. Ambiente. 4. Território.
I. Título.

CDU 556.51

Bruna Heller - Bibliotecária - CRB10/2348

Índices para catálogo sistemático:

1 Bacias hidrográficas 556.51

DOI: 10.56238/livrosindi202656-001

Seven Publications Company

CNPJ: 43.789.355/0001-14

editora@sevenevents.com.br

São José dos Pinhais/PR

SOBRE O AUTOR E A OBRA

Ricardo Aparecido Campos nasceu em Florestópolis, no norte do Paraná, em um contexto marcado pela vivência no meio rural, onde, desde cedo, estabeleceu uma relação direta com a terra, a paisagem e os processos naturais que mais tarde orientariam sua trajetória científica. Foi nesse ambiente que se formaram suas primeiras percepções sobre o espaço geográfico, não apenas como cenário, mas como expressão dinâmica das interações entre sociedade e natureza.

Oriundo da escola pública, encontrou na educação o principal instrumento de transformação de sua própria história. A universidade pública, em especial a Universidade Estadual de Londrina (UEL), desempenhou papel decisivo em sua formação intelectual e profissional, possibilitando-lhe não apenas o acesso ao conhecimento científico, mas também a construção de uma trajetória comprometida com a docência, a pesquisa e a extensão.

Graduado em Geografia (Licenciatura e Bacharelado), mestre e doutor pela UEL, desenvolveu sua formação acadêmica com ênfase na Geografia Física, especialmente nas áreas de geomorfologia e análise ambiental. Sua produção científica tem como eixo estruturante o estudo das bacias hidrográficas, dos processos erosivos, da vulnerabilidade ambiental e das relações entre uso do solo e degradação ambiental - temas de grande relevância frente aos desafios contemporâneos das mudanças climáticas e das desigualdades socioambientais.

Atualmente docente da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) e ocupando funções de gestão acadêmica, sua atuação articula ensino, pesquisa e extensão, com destaque para a formação de novos pesquisadores, o desenvolvimento de projetos científicos e a promoção do conhecimento aplicado às realidades regionais.

A obra *“Estudos Ambientais no Espaço Geográfico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas – Londrina-PR”* insere-se nesse percurso acadêmico e científico. O livro propõe uma análise integrada dos componentes físicos da paisagem, considerando a bacia hidrográfica como unidade fundamental de investigação. A partir de uma abordagem metodológica consistente, fundamentada em referenciais clássicos e contemporâneos da Geografia, o autor examina os processos erosivos, as fragilidades ambientais e as transformações decorrentes da ação antrópica, evidenciando a complexidade das dinâmicas socioambientais.

Mais do que um estudo técnico, esta obra reflete um compromisso com a compreensão crítica do território e com a produção de conhecimento voltado à sustentabilidade e ao planejamento ambiental. Ao articular teoria e prática, o livro contribui tanto para a formação acadêmica quanto para a construção de instrumentos que subsidiem políticas públicas e ações de gestão ambiental.

Assim, a trajetória do autor - que se inicia no campo, se fortalece na escola pública e se consolida na universidade pública - encontra nesta obra uma de suas expressões mais significativas: a ciência como ferramenta de leitura do mundo e de transformação social.

Dedico este trabalho

**À Deus,
minhas filhas, Isabella e Helena, e
minha esposa, Jedione,
pelo apoio e inspiração quando mais precisei...**

“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

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.....	20
Figura 3. Foto da área da nascente do Ribeirão das Marrecas, com predominância de gramíneas e Eucaliptos – em detalhe o olho d’água.....	21
Figura 4. Foto da área da foz do Ribeirão das Marrecas com o Rio Tibagi – em detalhe a foz.....	21
Figura 5. Gráfico de distribuição percentual das cotas altimétricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	22
Figura 6. Gráfico de Precipitação média (1975 - 1999) para o Município de Londrina - PR.....	23
Figura 7. Foto de Remanescente Florestal com vegetação característica da cobertura original.....	24
Figura 8. Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas (Fonte: EMBRAPA & IAPAR, 1981; EMBRAPA, 1999).....	27
Figura 9. Mosaico de Cartas Topográficas com delimitação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	50
Figura 10. Mapa da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas delimitada sobre a imagem do Satélite SPOT 4.....	51
Figura 11. Mapa de Uso Atual do Solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	52
Figura 12. Fluxograma da Metodologia.....	55
Figura 13. Foto de pastagens degradadas na margem esquerda do Ribeirão das Marrecas.....	57

Figura 14. Foto de pastagens degradadas na margem esquerda, próximas à foz do Ribeirão das Marrecas.....	57
Figura 15. Foto evidenciando a inexistência de mata ciliar e utilização depredadora das margens, vista a montante do Ribeirão das Marrecas.....	58
Figura 16. Foto de faixa com predominância de Neossolos Litólicos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	60
Figura 17. Mapa do Fator K da EUPS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	60
Figura 18. Gráfico de distribuição percentual das declividades da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	61
Figura 19. Mapa Clinográfico (Declividade) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	62
Figura 20. Gráfico de distribuição percentual do Fator LS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	63
Figura 21. Mapa do Fator LS da EUPS (Fator Topográfico) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	63
Figura 22. Gráfico de distribuição percentual do Potencial Erosivo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	64
Figura 23. Foto de área com presença de processos erosivos decorrentes da concentração de fluxo.....	65
Figura 24. Mapa Erosão Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	65
Figura 25. Gráfico de distribuição percentual de Uso do solo – Fator C – da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	66
Figura 26. Mapa de Fator C – Uso Atual do Solo – da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas....	67

Figura 27. Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão do Uso Atual – EUPS – da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	68
Figura 28. Mapa de Simulação de Erosão do Uso Atual do Solo (EUPS) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	68
Figura 29. Gráfico de comparação da Erosão Potencial com a Simulação de Erosão Atual (EUPS) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	70
Figura 30. Foto da área de cabeceira da B.H. do Ribeirão das Marrecas. (Campos, R. 2006).....	70
Figura 31. Foto da área de nascente com posterior represamento, o 1º de 7. (Campos, R. 2006).....	70
Figura 32. Foto de área agrícola com presença de erosão laminar. (Campos, R. 2006).....	71
Figura 33. Foto do último represamento do Ribeirão das Marrecas, à margens da PR 445. (Campos, R. 2006).....	71
Figura 34. Foto da área urbana do Distrito de Irerê na margem direita, com remanescente florestal na margem esquerda, ao fundo. (Campos, R. 2006).....	71
Figura 35. Foto de cultura de café nas declividades mais acentuadas. (Campos, R. 2006).....	71
Figura 36. Foto de cultura de café em área de Neossolos. (Campos, R. 2006).....	71
Figura 37. Foto de área agrícola com plantio direto e cultura de café ao fundo em área declivosa. (Campos, R. 2006).....	72
Figura 38. Foto de cultura de café no alto dos espigões e cultivo em plantio direto nas regiões mais baixas. (Campos, R. 2006).....	72
Figura 39. Foto de cultura temporária (plantio direto) com presença de murunduns. (Campos, R. 2006).....	72
Figura 40. Foto de cultivo de milho “safrinha” – os terraços são de base larga para viabilizar o uso extensivo da terra. (Campos, R. 2006).....	72

Figura 41. Foto de solo degradado pela erosão laminar, perda de área cultivável. (Campos, R. 2006).....	72
Figura 42. Foto de outro aspecto do solo degradado. (Campos, R. 2006).....	73
Figura 43. Foto de murunduns usados para tentar conter a erosão próxima as estradas rurais. (Campos, R. 2006).....	73
Figura 44. Foto de plantio direto, porém a presença de terraços é de difícil visibilidade, devido ao seu quase desmonte. (Campos, R. 2006).....	73
Figura 45. Foto de cultura de soja em plantio direto. (Campos, R. 2006).....	73
Figura 46. Foto de outro aspecto da área, remanescente florestal, que resiste devido a alta declividade. (Campos, R. 2006).....	74
Figura 47. Foto de lavoura sem cultivo, nota-se que os terraços estão quase planificados. (Campos, R. 2006).....	74
Figura 48. Foto de área com profundas feições erosivas à margem da estrada. (Campos, R. 2006).....	74
Figura 49. Foto de ravina profunda que se não controlada pode evoluir para voçorocamento. (Campos, R. 2006).....	74
Figura 50. Foto de área com o processo erosivo já formando sulcos – ineficiência dos terraços de base larga, neste caso. (Campos, R. 2006).....	75
Figura 51. Foto de outra área na mesma situação da imagem anterior. (Campos, R. 2006).....	75
Figura 52. Foto extração de “moledo” para capeamento das estradas rurais da região. (Campos, R. 2006).....	75
Figura 53. Foto rocha intemperizada usada para “moledo” de capeamento. (Campos, R. 2006).....	75
Figura 54. Foto panorâmica do médio curso visando à jusante da bacia. (Campos, R. 2006).....	76

Figura 55. Foto de área com menor identificação de processos erosivos visíveis. (Campos, R. 2006).....	76
Figura 56. Foto de área próxima a foz, em destaque a sede do Distrito de Maravilha. (Campos, R. 2006).	76
Figura 57. Foto da área de foz com o Rio Tibagi, desprovida de mata ciliar. (Campos, R. 2006).....	76
Figura 58. Foto do Ribeirão Marrecas à poucos metros da sua foz. (Campos, R. 2006).....	76
Figura 59. Foto da desembocadura com o Rio Tigabi, bacia da qual o Ribeirão das Marrecas é tributário.....	77
Figura 60. Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão de Uso com Pastagem na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	78
Figura 61. Foto de pastagem degradada em área de declividade acentuada.....	78
Figura 62. Mapa de Simulação de Erosão de Uso com Pastagem na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	79
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.....	80
Figura 64. Mapa de Simulação de Erosão do Uso Atual do Solo (EUPS) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	80
Figura 65. Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão no Uso Cultivo de Cana-de-Açúcar na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	81
Figura 66. Mapa de Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Cana-de-Açúcar na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	82
Figura 67. Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Café na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	83

Figura 68. Mapa de Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Café na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	83
Figura 69. Gráfico de distribuição percentual da Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Mandioca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	84
Figura 70. Mapa de Simulação de Erosão de Uso de Cultivo de Mandioca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	85
Figura 71. Gráfico comparativo entre as formas de Uso do solo.....	86
Figura 72. Mapa de Proposta de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas, baseado na Legislação Ambiental.....	86
Figura 73. Imagem SRTM com delimitação da área da bacia e rede hidrográfica georreferenciados.....	89
Figura 74. Mapa de Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	93
Figura 75. Gráfico demonstrando a Hierarquia Fluvial e a Relação entre o número de canais e a extensão dos canais em cada Ordem.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela Sinótica – Classificação taxionômica dos fatos geomorfológicos (Adaptado de Tricart, 1965).....	26
Tabela 2. Determinação do Fator K para os solos da área de estudo.....	53
Tabela 3. Valores do Fator C estabelecidos para a área.....	53
Tabela 4. Complemento dos valores de Fator C para as simulações de uso na área de estudo.....	54
Tabela 5. Estimativa do Fator R para Londrina.....	59
Tabela 6. Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas em km2.....	61
Tabela 7. Divisão das Classes de Fragilidade referente ao Fator LS da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	62
Tabela 8. Classes de Fragilidade referentes à Erosão Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	64
Tabela 9. Distribuição das classes de Uso do Solo – Fator C em Km2 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	66
Tabela 10. Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão do Uso Atual da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	67
Tabela 11. Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão de Uso com Pastagem na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	77
Tabela 12. Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão do Uso Atual com Cordão Vegetado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	79
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.....	81

Tabela 14. Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Café na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	82
Tabela 15. Classes de Fragilidade referente à Simulação de Erosão no Uso de Cultivo de Mandioca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	84
Tabela 16. Tabela demonstrando a Hierarquia Fluvial e a Relação entre o número de canais e a extensão dos canais em cada Ordem.....	92
Tabela 17. Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.....	92

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	19
2.1 PRINCIPAIS ASPECTOS FÍSICOS.....	22
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	29
3.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE.....	29
3.2 A QUESTÃO AMBIENTAL.....	31
3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS.....	33
3.4 A EROÇÃO DOS SOLOS.....	35
3.4.1 Erosão Pluvial.....	40
3.5 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO.....	45
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	49
4.1 MATERIAIS.....	49
4.2 MÉTODOS.....	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1 O ESTADO AMBIENTAL DA BACIA E SUA RELAÇÃO COM O USO DO SOLO.....	56
5.2 SIMULAÇÕES E PROPOSTAS DE USO DO SOLO.....	77
5.3 ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS MARRECAS.....	87
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
REFERÊNCIAS.....	98

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 teórico-metodológico 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

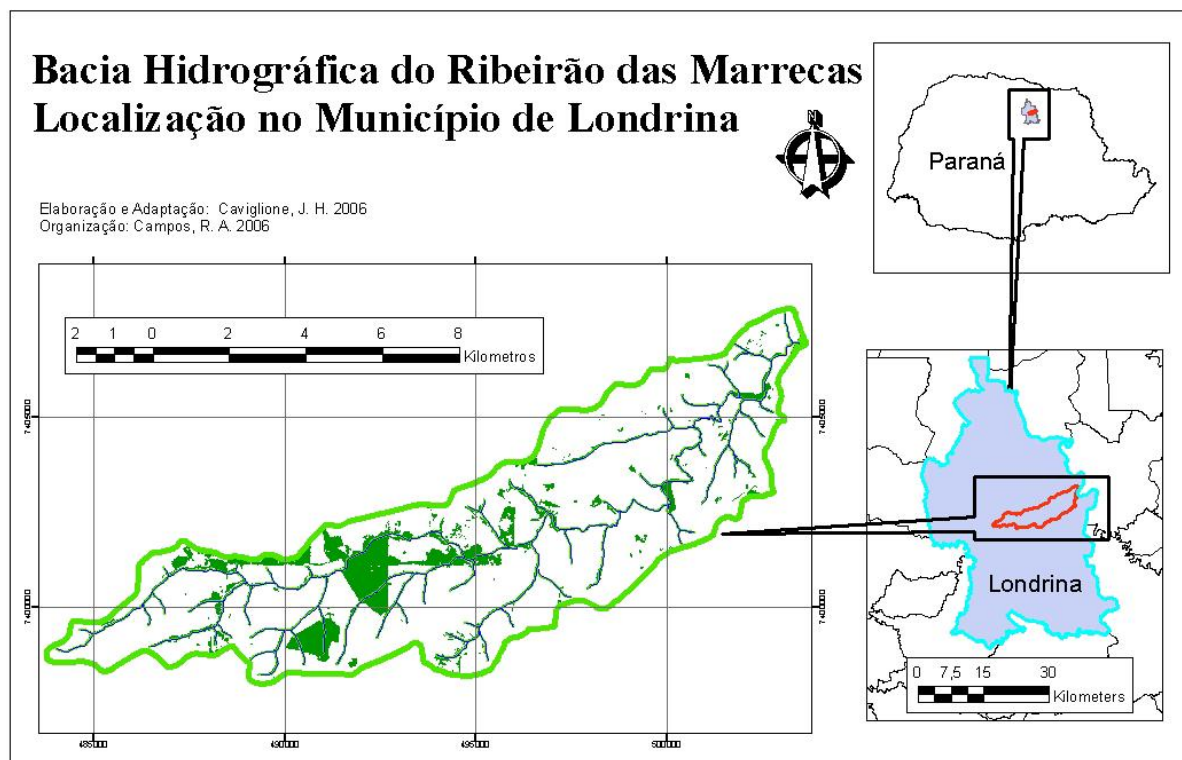
A Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas é proeminentemente de uso agropecuário, com uma área de aproximadamente 72,48 km², nela estão localizadas as sedes de três Aglomerações urbanas, os Distritos de: Irerê, Paiquerê e Maravilha no Município de Londrina, Paraná.

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.

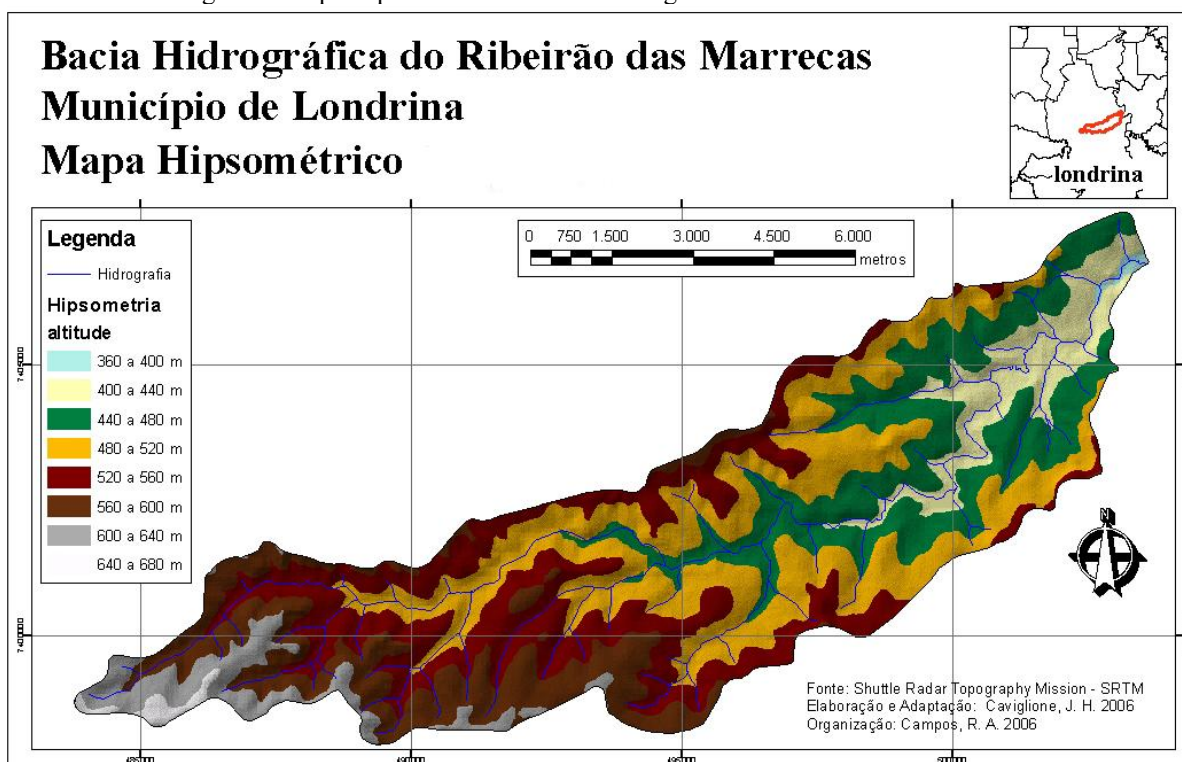
Apresenta relevo suave ondulado com altitudes que variam de 360m a 680m (Figura 2), com predominância de Nitossolos Vermelhos Eutroféricos. A distribuição média anual da precipitação no Município de Londrina é de 1.600mm, o clima é subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, sem estação seca de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



Org.: Campos, 2006.

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



Org.: Campos, 2006.

Figura 3. Foto da área da nascente do Ribeirão das Marrecas, com predominância de gramíneas e Eucaliptos – em detalhe o olho d'água.



Foto: Campos, 2006.

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

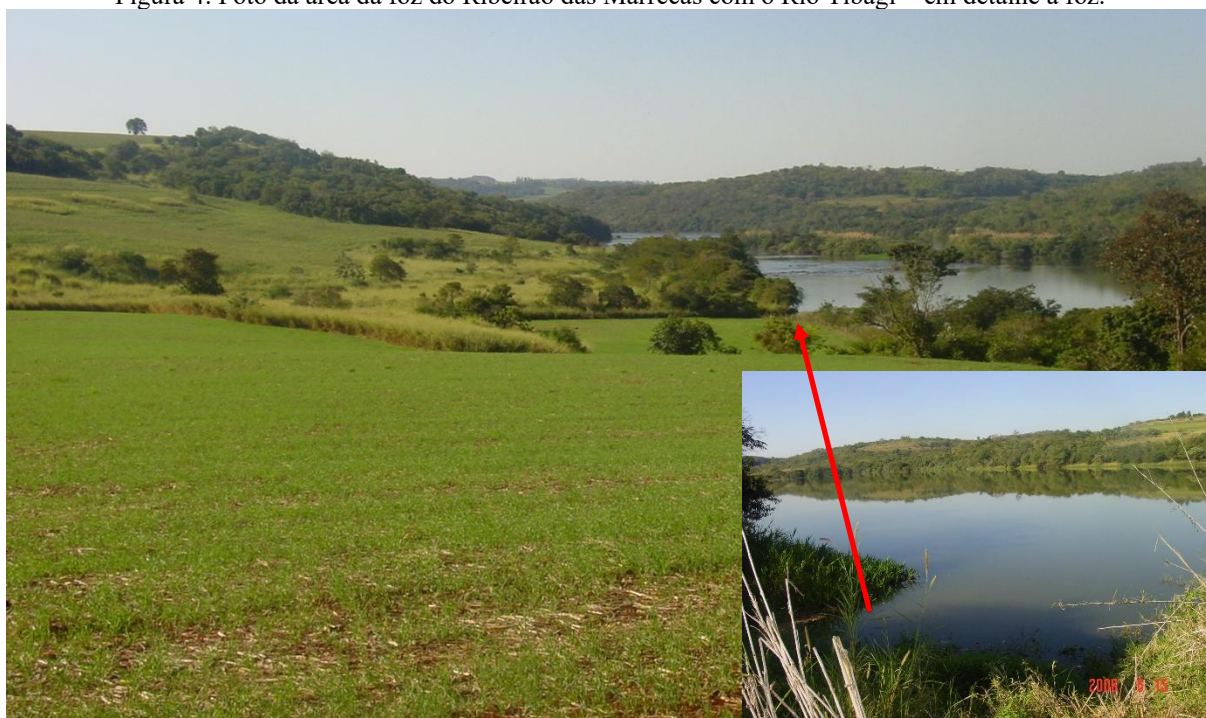
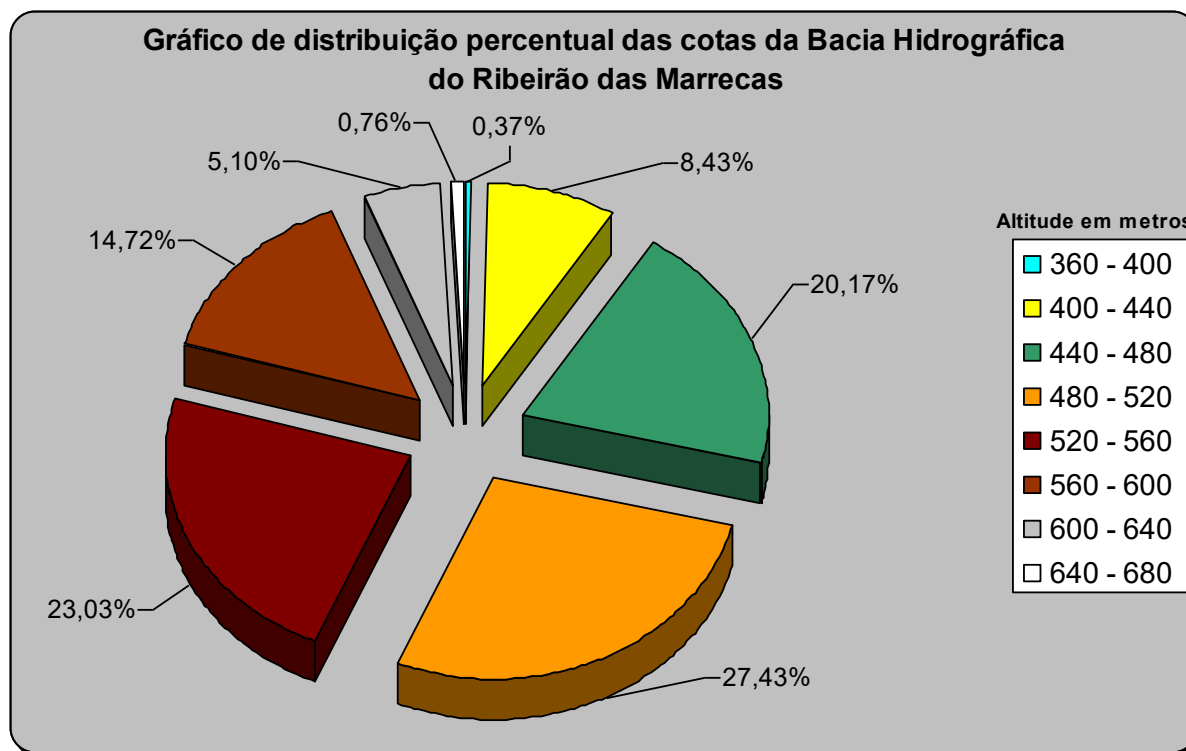


Foto: Campos, 2006.

Figura 5. Gráfico de distribuição percentual das cotas altimétricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.



Org.: Campos, 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).

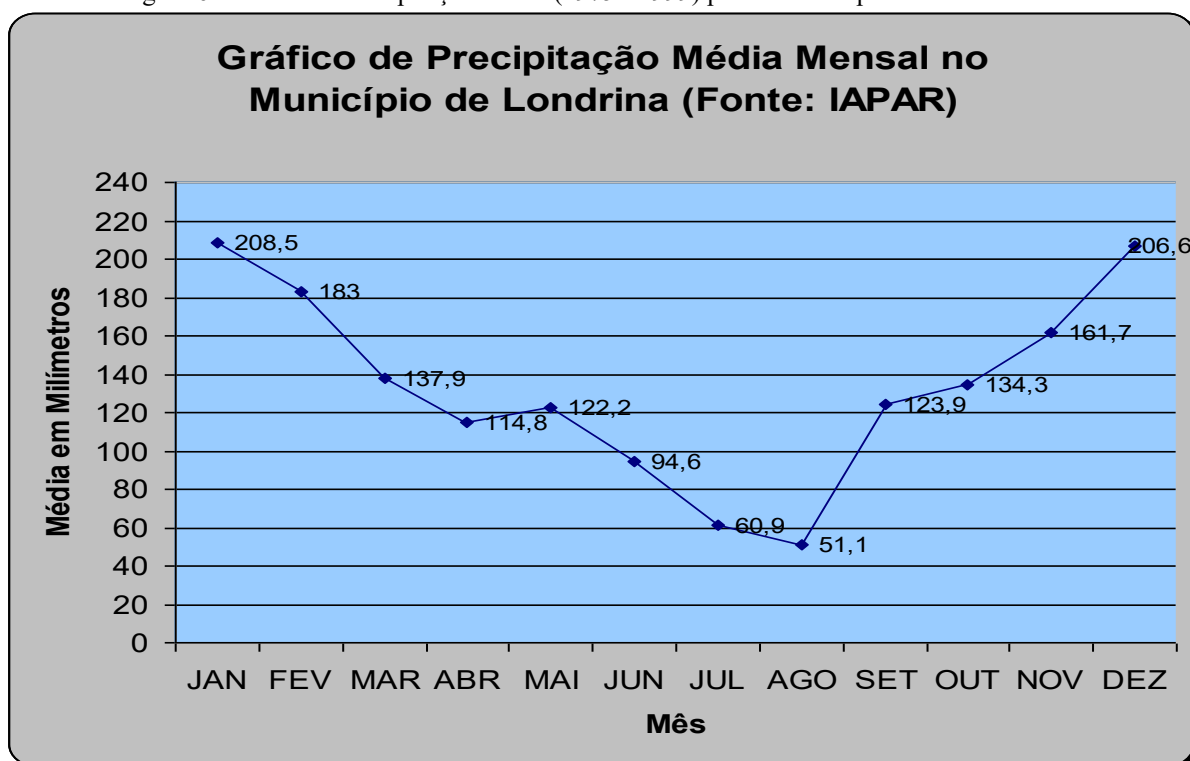
Clima

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.



Org.: Campos, 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.



Foto: Campos, 2006.

A Floresta Perenifolia 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 (op. cit.).

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 km²	Características das Unidades, exemplos	Unidades climáticas correspondentes	Mecanismos genéticos que comandam o relevo	Ordem de grandeza temporal
10 ⁸	Continentes, Bacias Oceânicas (Configuração do Globo)	Grandes conjuntos zonais comandados pelos fatores astronômicos	Diferenciação da crosta terrestre, Sial e Sima	10 ⁹ anos
10 ⁶	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 ⁴	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 ²	Unidades tectônicas elementares: maciços, montanhas, horst e fossas	Climas regionais influenciados geograficamente sobretudo nas regiões montanhosas	Influência predominante da tectônica, secundariamente da litologia	10 ⁷ anos
Limiar de compensação isostática				
10	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 ⁶ anos a 10 ⁷ anos
10 ⁻²	Formas de relevo: terraços, circos e morrainas glaciais, cones de dejectão	Mesoclimas ligados diretamente a forma (nicho de nivelação, por exemplo)	Predominância de fatores morfodinâmicos, influência da litologia	10 ⁴ anos
10 ⁻⁶	Microformas: depósitos de solifluxão, solos poligonais, ravinas	Microclima diretamente ligado a forma por autocatálise (exemplo: lapies)	Idem	10 ² anos
10 ⁻⁸	Microscópicas: detalhes de corrosão, etc.	Meios microscópicos	Interferência da dinâmica e da textura da rocha	

Fonte: Rodrigues, 2000, p. 171.

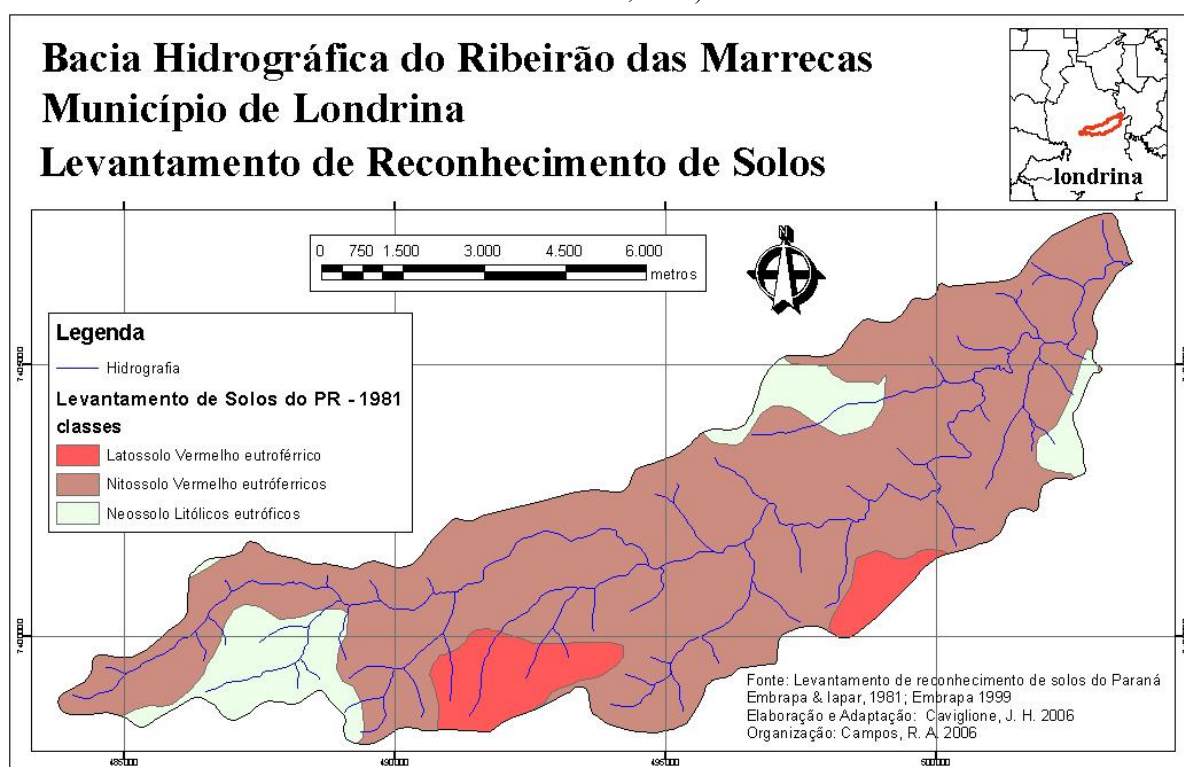
Solos

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).



Org.: Campos, 2006

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* Christofolletti, 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 (Christofolletti, 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, p. 177).

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 & Guerra (1997, p. 76) conceitua bacia hidrográfica como “um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes”. E complementam que (p. 76-7):

(...) 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.

Para Guerra & Cunha (1998) a bacia hidrográfica se constitui num elemento formador de paisagens e relevos, resultado de mecanismos erosivo-deposicionais, 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, p. 177) 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 (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 elos 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.

O mesmo autor (op. cit.) 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, p. 20), 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 a mesma autora (*op. cit.*) 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, p. 24) 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 EROSÃO 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, consequências 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), afirma que os estudos do solo mostram uma especialização sobre qual área é 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 (*op. cit.*) que 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.

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 & 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 químico, 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 da chuva pode ocorrer das seguintes formas: laminar; em sulcos e voçorocas; as três formas de erosão podem ocorrer simultaneamente no mesmo terreno.

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1999, p. 68):

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 duvida, e apropriada a nossa compreensão, porem, 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 grãos) 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 contêm 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 à 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 é 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 é 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 de 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 ençoçorocamento 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 (*United States Department of Agriculture*) 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 & 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 prever 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 estar 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 & 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 à 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 (Equação Universal de Perda de Solo Revisada) não estimam a produção de sedimento.

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

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

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.

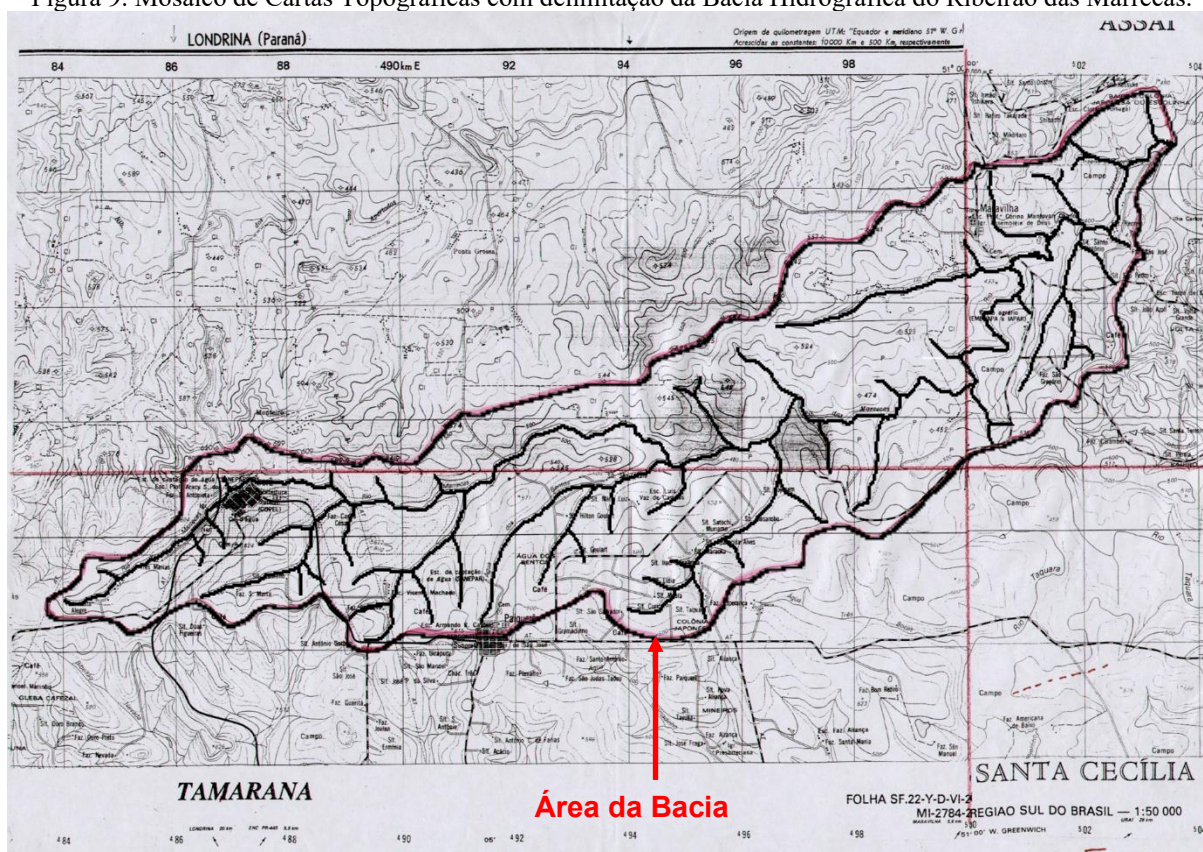
4.2 MÉTODOS

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 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).

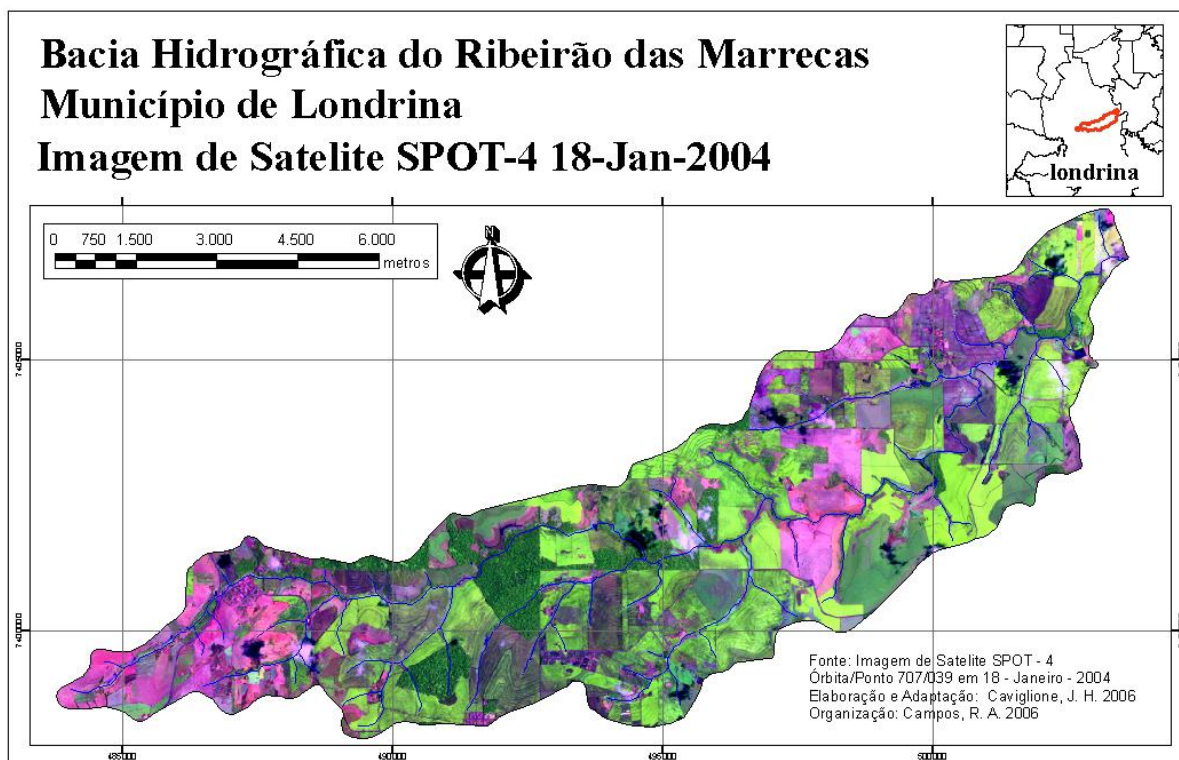
Figura 9. Mosaico de Cartas Topográficas com delimitação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.



Org.: Campos, 2006

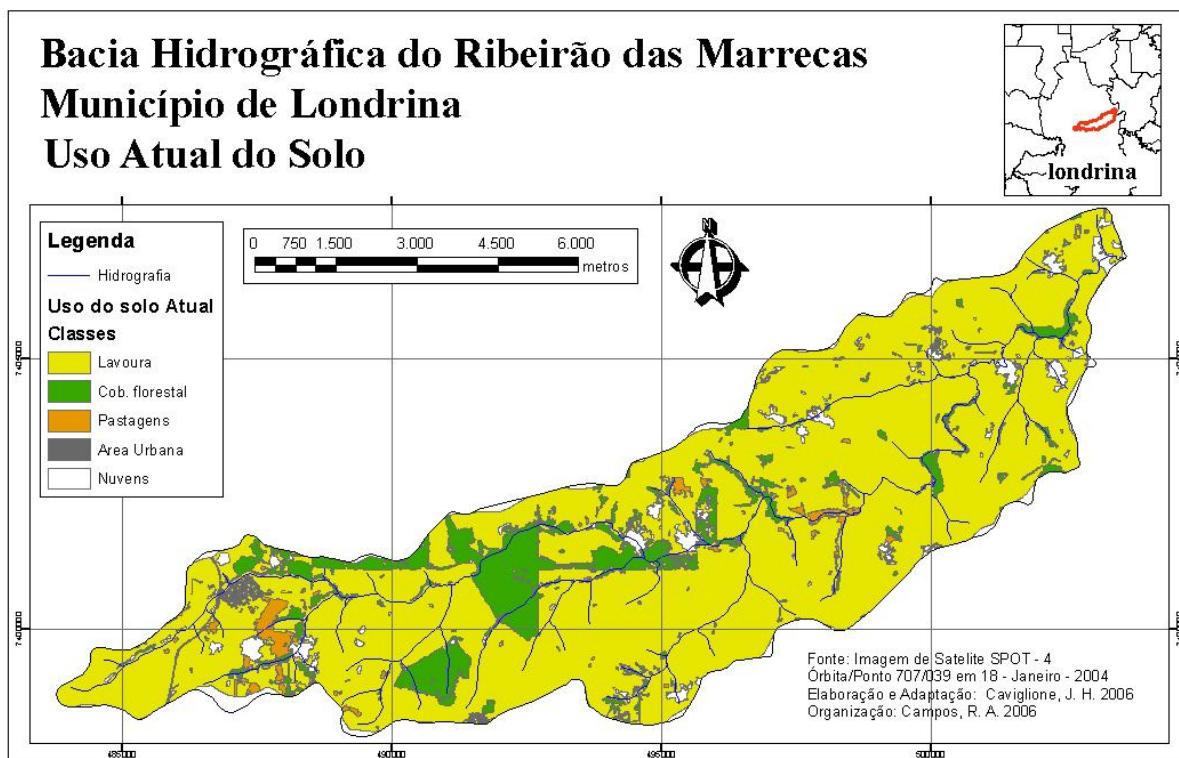
Foi utilizado o software ArcInfo/ArcGis como sistema de informação geográfica seguindo-se os procedimentos de rotina para a entrada de dados. Com este software foram confeccionados o restante dos mapas: Hipsométrico, Clinográfico, Cobertura Vegetal (atual e proposta), Solos entre outros. E, ainda, foram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



Org.: Campos, 2006

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



Org.: Campos, 2006

- 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 & Lombardi Neto (1999).

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

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot CP$$

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 & 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 eutroféricos	0,03
LVef	Latossolos Vermelhos eutroféricos	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 & 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.



Org.: Campos, 2006

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 esse autor (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.



Foto: Campos, 2006.

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



Foto: Campos, 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 a montante do Ribeirão das Marrecas.



Foto: Campos, 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 (Instituto Agrônomo do Paraná), 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

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

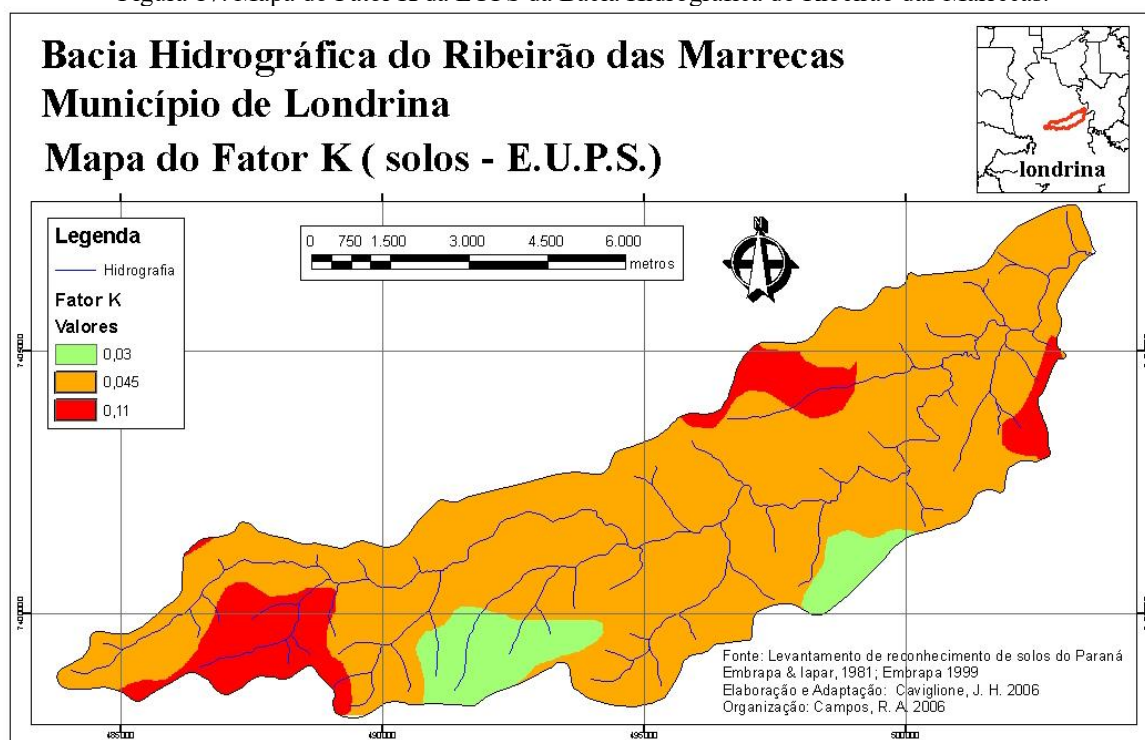
A partir da identificação dos solos da bacia e definição de seu Fator K (Figura 17), constatou-se que esses solos possuem valores de erodibilidade bastante baixos, por apresentarem alto índice de argila, com exceção dos Neossolos Litólicos eutróficos, que aparecem mais próximos aos espigões e apresentam 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.



Foto: Campos, 2006.

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



Org.: Campos, 2006

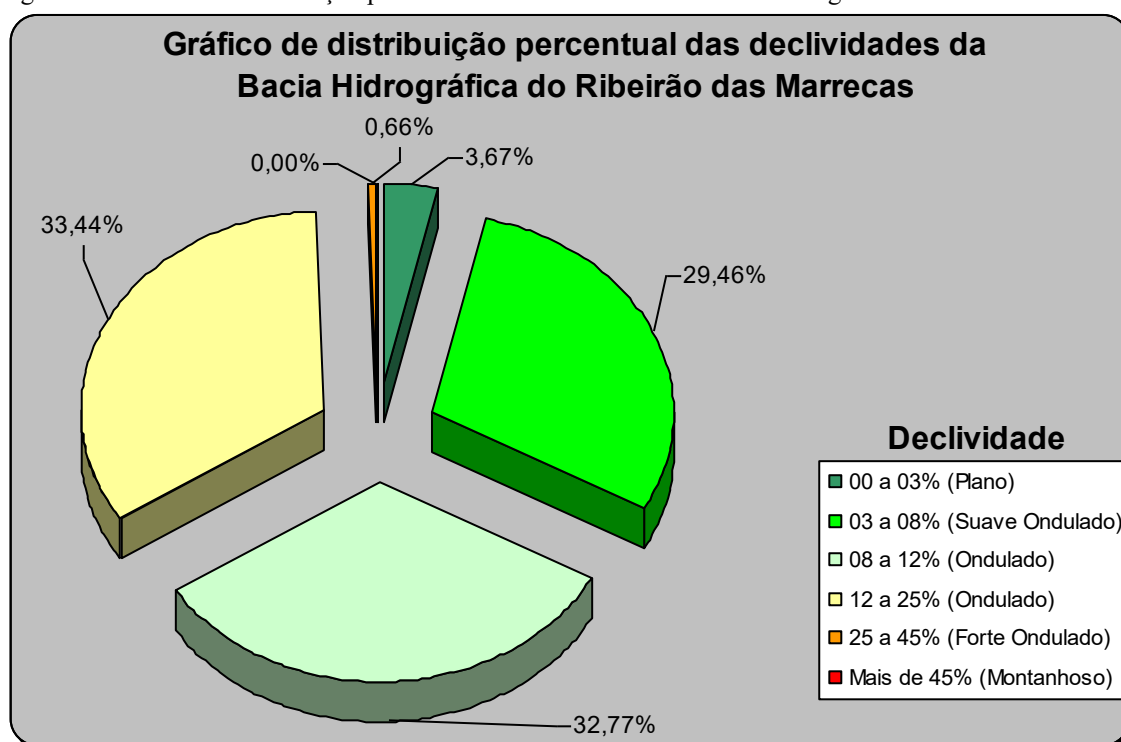
A topografia tem influência significativa no processo erosivo. O grau de declividade e o comprimento de rampa destacam-se, por serem variáveis de suma importância na quantificação de perdas de solo e qualificação da fragilidade do relevo. Na área da bacia constatou-se que existem poucas áreas planas (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

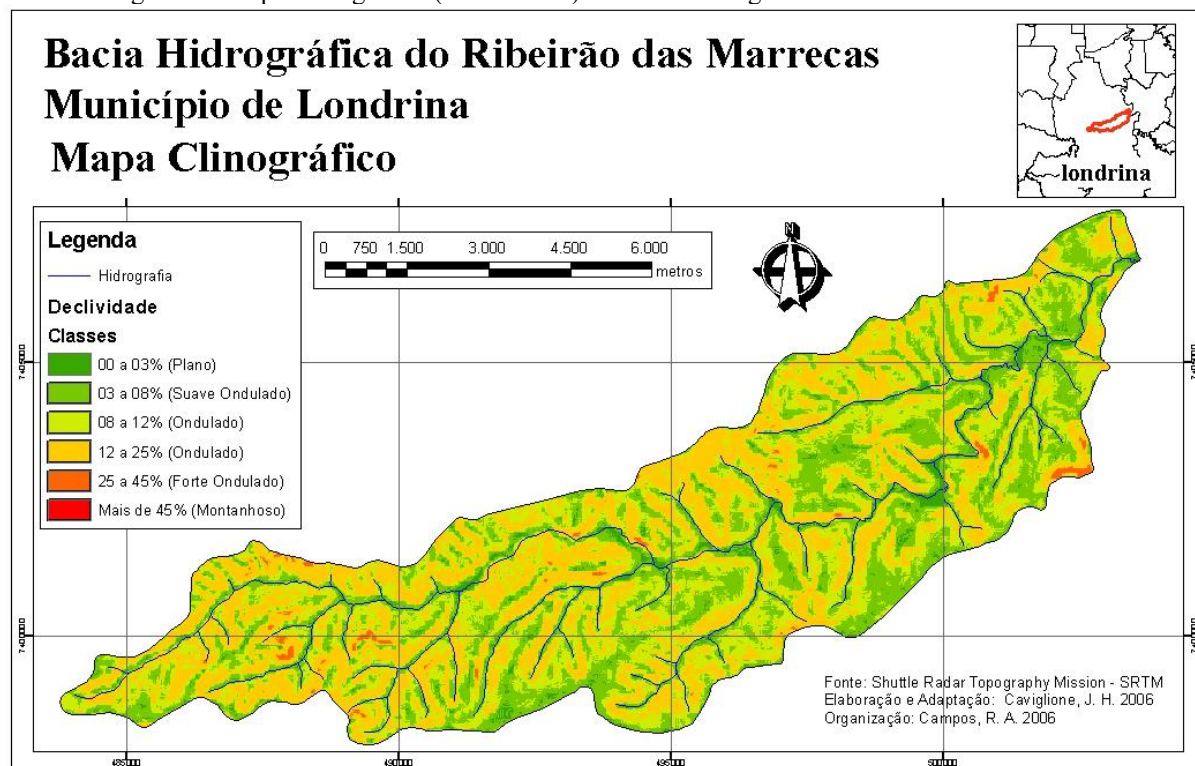
Org.: Campos, R. 2006.

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



Org.: Campos, 2006

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



Org.: Campos, 2006

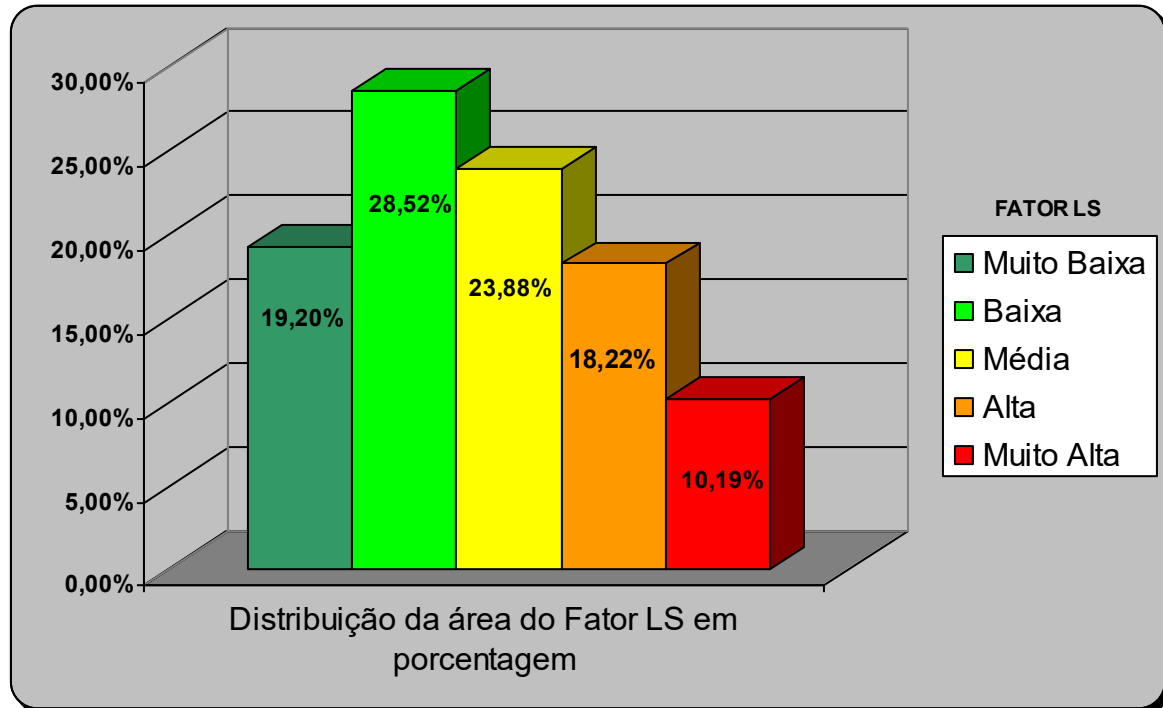
Foram cruzados os dados obtidos através da equação de Renard *et al.* (1997, p. 103-110) com os valores de declividade, definindo-se cinco classes de Fragilidade Ambiental (Tabela 7). Através do Mapa do Fator LS (Figura 21), pode-se perceber uma distribuição regular de classes de fragilidade na área 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

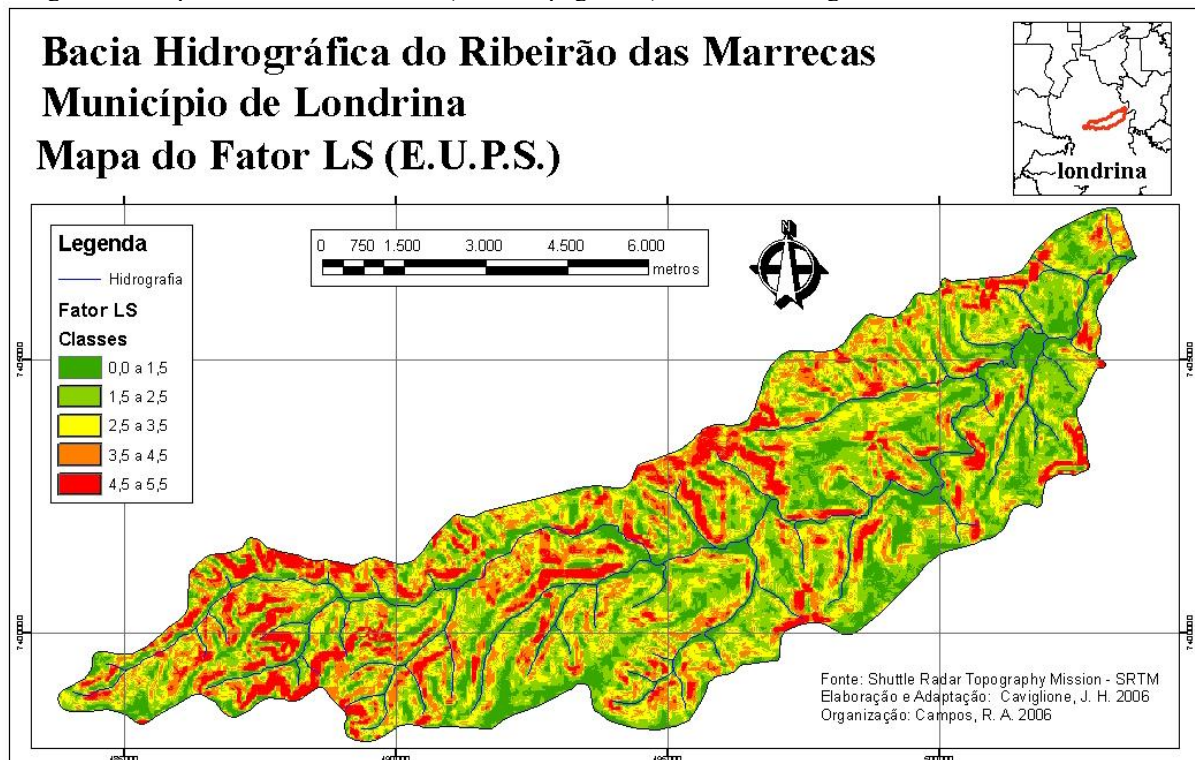
Org.: Campos, 2006

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



Org.: Campos, 2006

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



Org.: Campos, 2006

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.

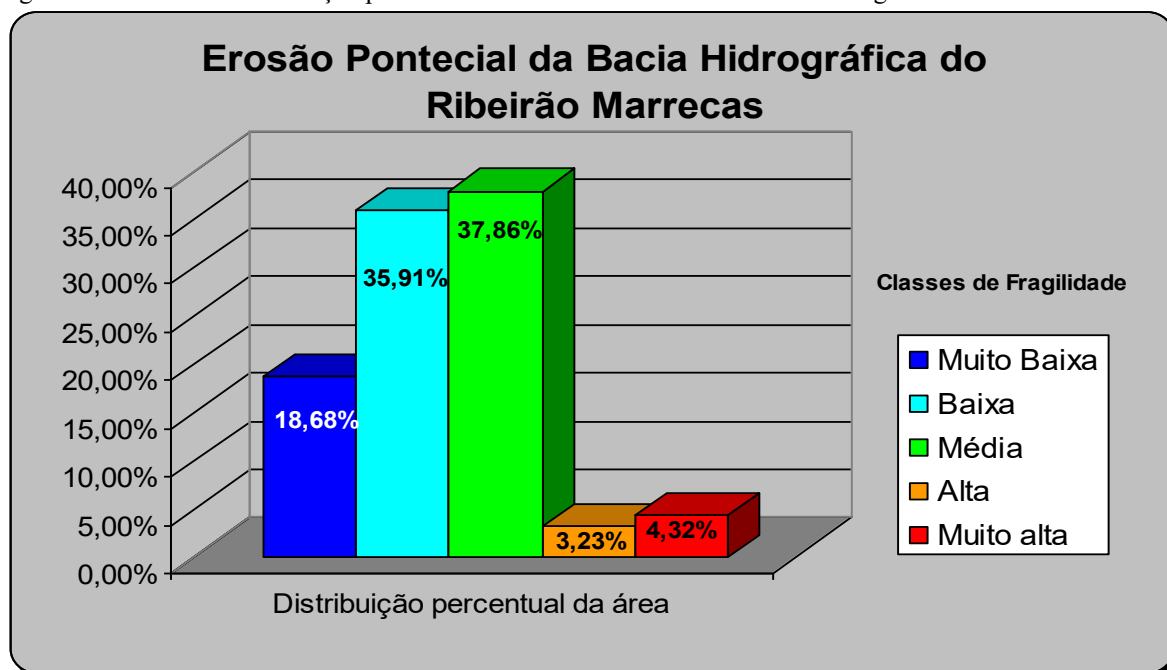
ton/ha/ano	Classes de Fragilidade	Área em Km ²
Até 500	Muito Baixa	13,54
500 a 1000	Baixa	26,03
1000 a 2000	Média	27,44
2000 a 3000	Alta	2,34
3000 a 5000	Muito Alta	3,13

Org.: Campos, 2006

Considerando a distribuição das classes de fragilidade apresentadas 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.



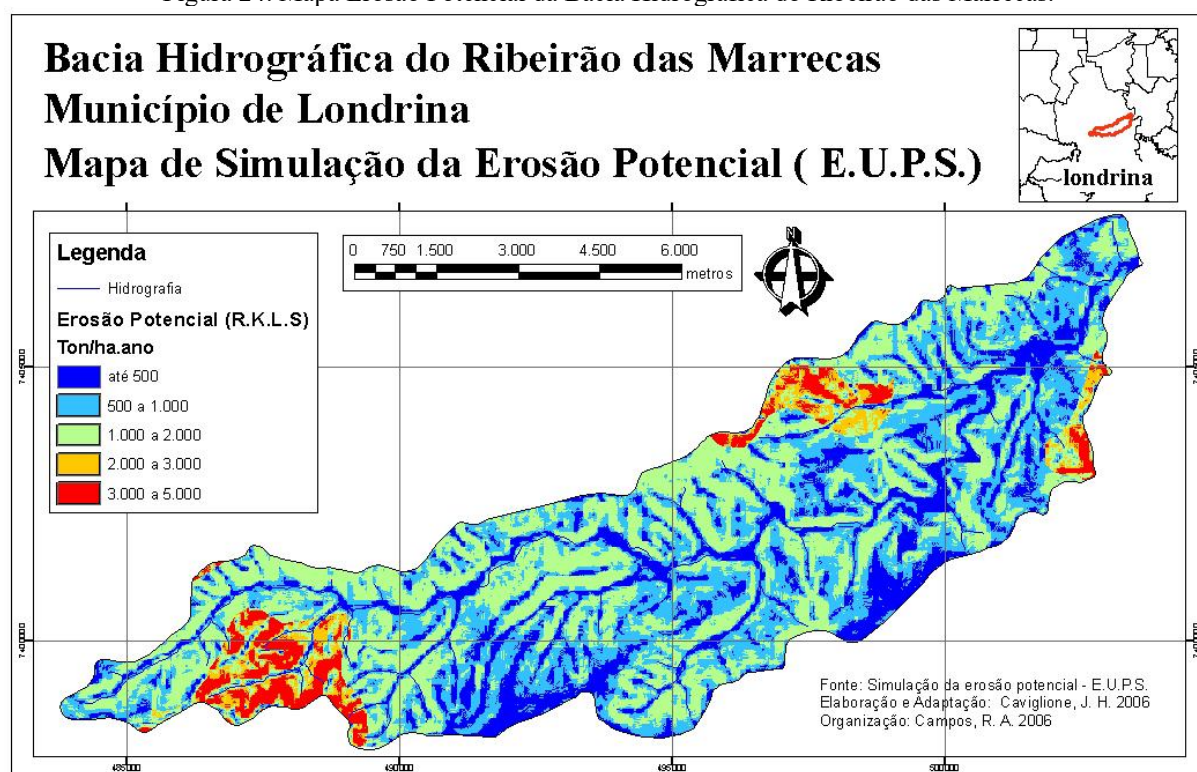
Org.: Campos, 2006

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



Foto: Campos, 2006.

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



Org.: Campos, 2006

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

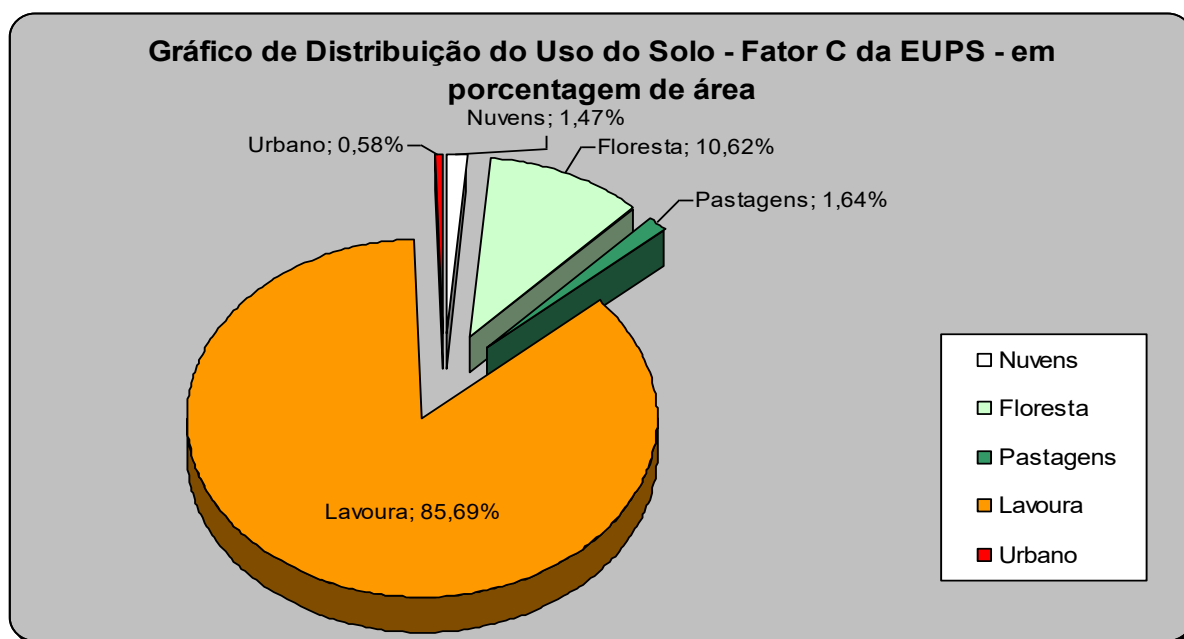
partir do Mapa de Uso Atual do Solo, foi elaborado outro chamado de Mapa do Fator C (Figura 26), que se constitui na forma de ocupação antrópica do espaço (Oliveira, 2004), estipulando-se valores para cada tipo de uso (Tabela 9). Este é um parâmetro muito importante em conjunto com as práticas conservacionistas, 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

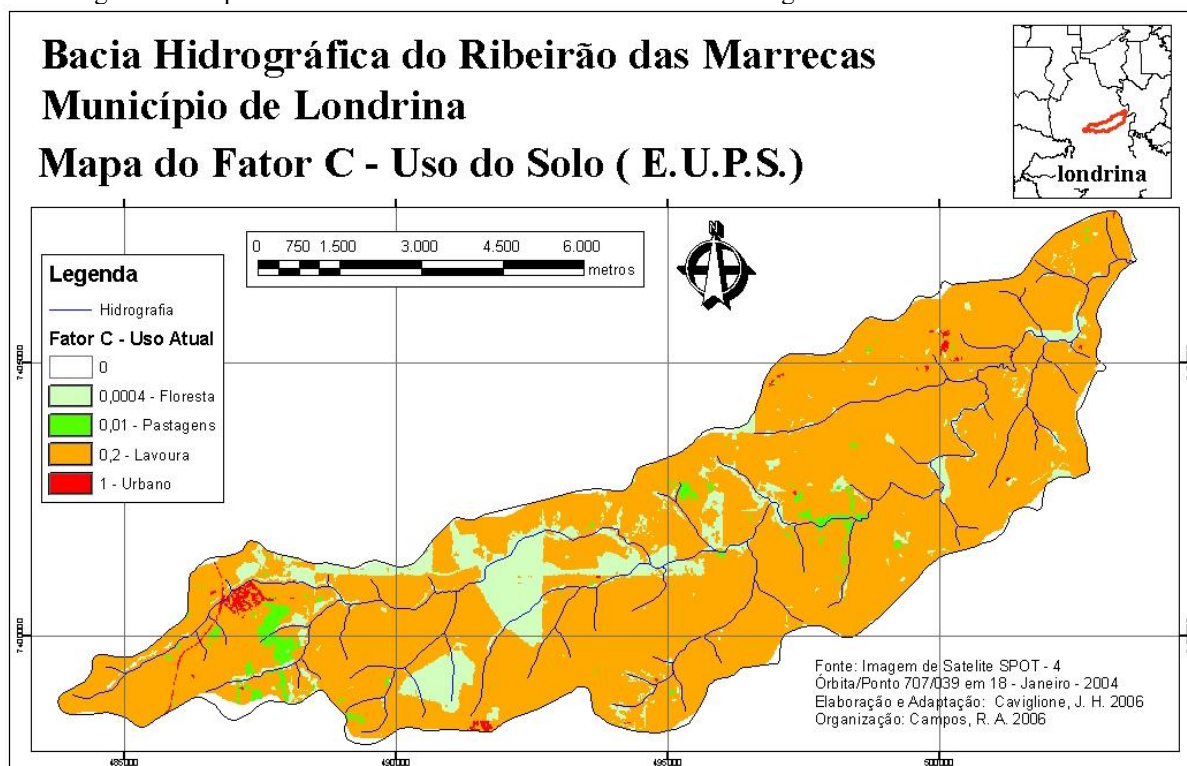
Org.: Campos, 2006

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



Org.: Campos, 2006

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



Org.: Campos, 2006

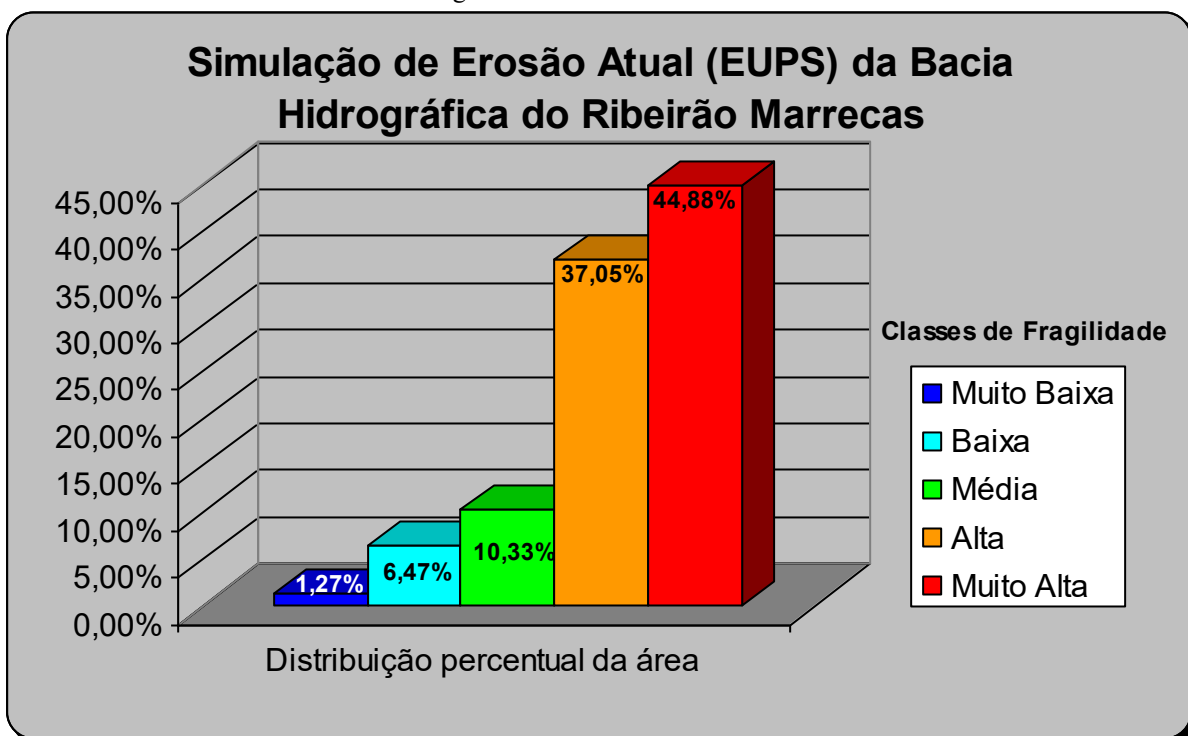
O cruzamento de todas as informações físico-ambientais e sócio-econômicas apuradas, possibilitou a construção de um Mapa de Simulação de Erosão (dentro dos parâmetros da EUPS – Figura 28), e a posterior obtenção de dados (Tabela 10 e Figura 27), que nortearam as discussões acerca do estado ambiental 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

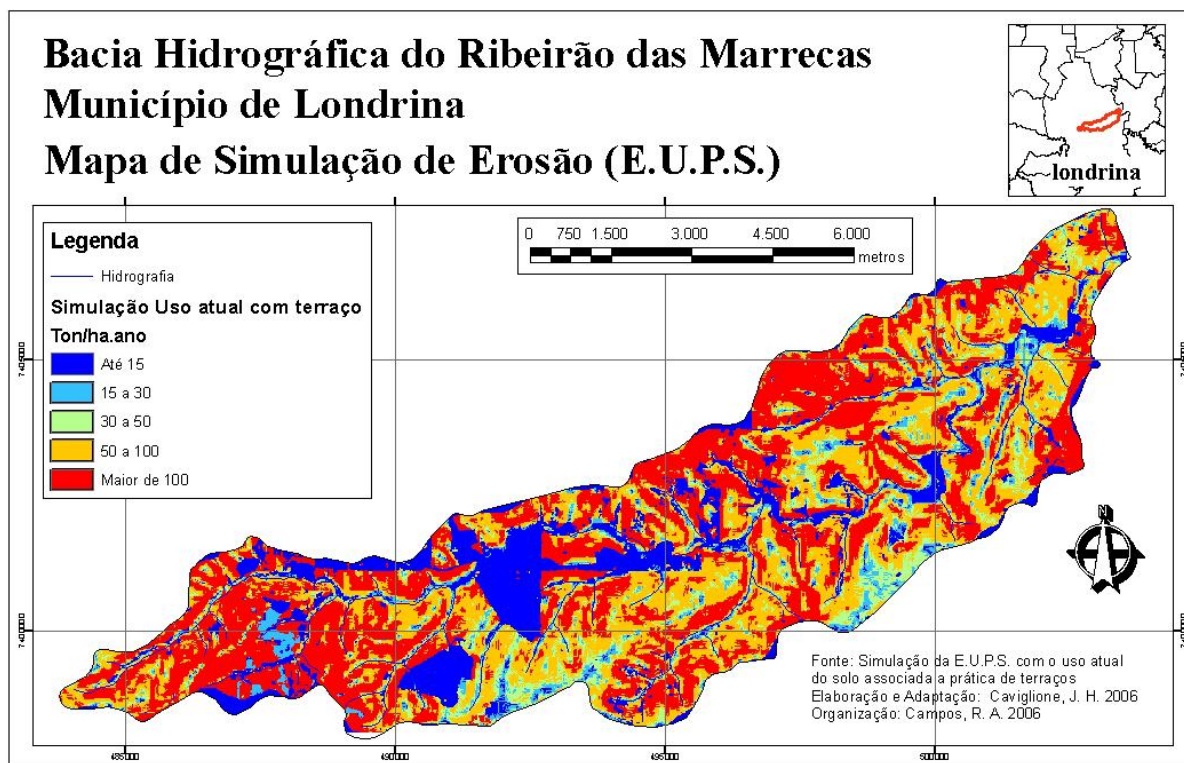
Org.: Campos, 2006

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, 2006

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



Org.: Campos, 2006

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).

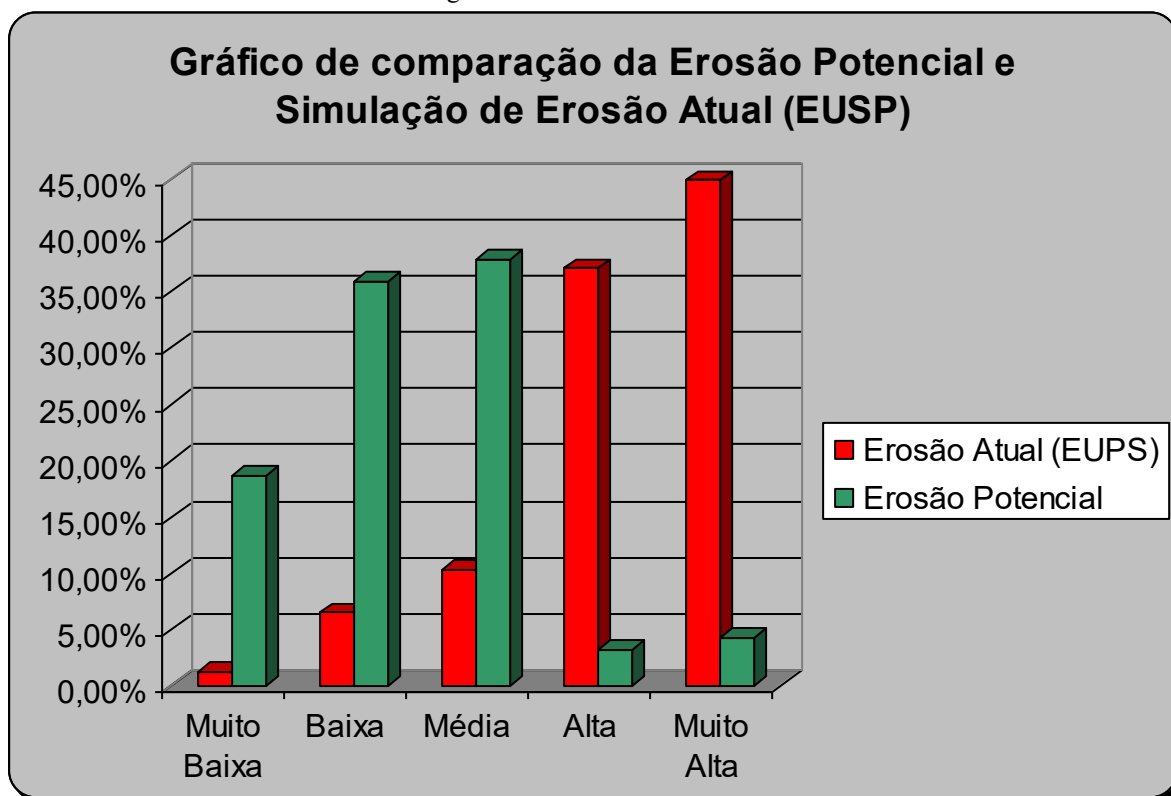
Nas Figuras 30 a 59, observa-se que a área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marrecas está sob forte utilização agropecuária, principalmente agrícola com culturas temporárias, tendo seu solo constantemente exposto aos agentes dos processos erosivos até mesmo nas áreas de plantio direto, onde houve o 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.



Org.: Campos, 2006

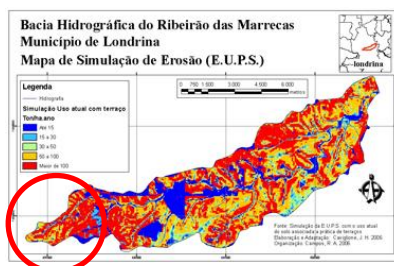


Figura 30. Foto da área de cabeceira da B.H. do Ribeirão das Marrecas. (Campos, R. 2006)



Figura 31. Foto da área de nascente com posterior represamento, o 1º de 7. (Campos, R. 2006)

Figura 32. Foto de área agrícola com presença de erosão laminar. (Campos, R. 2006)



Figura 33. Foto do último represamento do Ribeirão das Marrecas, à margens da PR 445. (Campos, R. 2006)



Figura 34. Foto da área urbana do Distrito de Irerê na margem direita, com remanescente florestal na margem esquerda, ao fundo. (Campos, R. 2006)

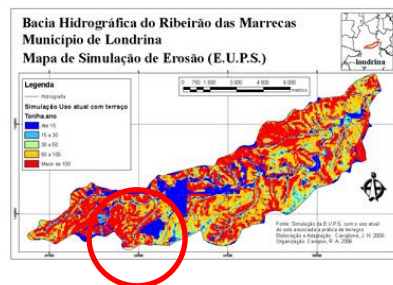


Figura 35. Foto de cultura de café nas declividades mais acentuadas. (Campos, R. 2006)



Figura 36. Foto de cultura de café em área de Neossolos. (Campos, R. 2006)



Figura 37. Foto de área agrícola com plantio direto e cultura de café ao fundo em área declivosa. (Campos, R. 2006)



Figura 38. Foto de cultura de café no alto dos espigões e cultivo em plantio direto nas regiões mais baixas. (Campos, R. 2006)

Figura 39. Foto de cultura temporária (plantio direto) com presença de murunduns. (Campos, R. 2006)

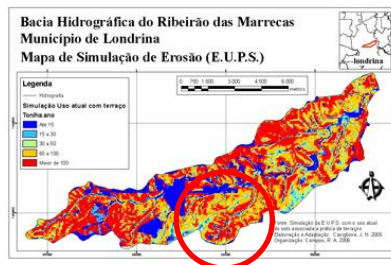


Figura 40. Foto de cultivo de milho “safrinha” – os terraços são de base larga para viabilizar o uso extensivo da terra. (Campos, R. 2006)



Figura 41. Foto de solo degradado pela erosão laminar, perda de área cultivável. (Campos, R. 2006)



Figura 42. Foto de outro aspecto do solo degradado. (Campos, R. 2006)



Figura 43. Foto de murunduns usados para tentar conter a erosão próxima as estradas rurais. (Campos, R. 2006)

Figura 44. Foto de plantio direto, porém a presença de terraços é de difícil visibilidade, devido ao seu quase desmonte. (Campos, R. 2006)

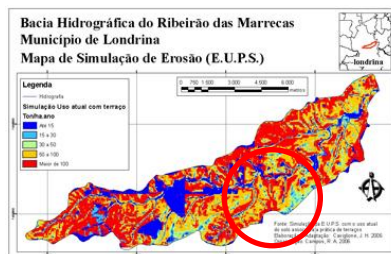


Figura 45. Foto de cultura de soja em plantio direto. (Campos, R. 2006)



Figura 46. Foto de outro aspecto da área, remanescente florestal, que resiste devido a alta declividade. (Campos, R. 2006)



Figura 47. Foto de lavoura sem cultivo, nota-se que os terraços estão quase planificados. (Campos, R. 2006)



Figura 48. Foto de área com profundas feições erosivas à margem da estrada. (Campos, R. 2006)

Figura 49. Foto de ravina profunda que se não controlada pode evoluir para voçorocamento. (Campos, R. 2006)



Figura 54. Foto panorâmica do médio curso visando à jusante da bacia. (Campos, R. 2006)

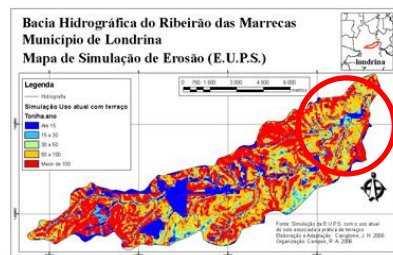


Figura 55. Foto de área com menor identificação de processos erosivos visíveis. (Campos, R. 2006)



Figura 56. Foto de área próxima a foz, em destaque a sede do Distrito de Maravilha. (Campos, R. 2006)



Figura 57. Foto da área de foz com o Rio Tibagi, desprovida de mata ciliar. (Campos, R. 2006)



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

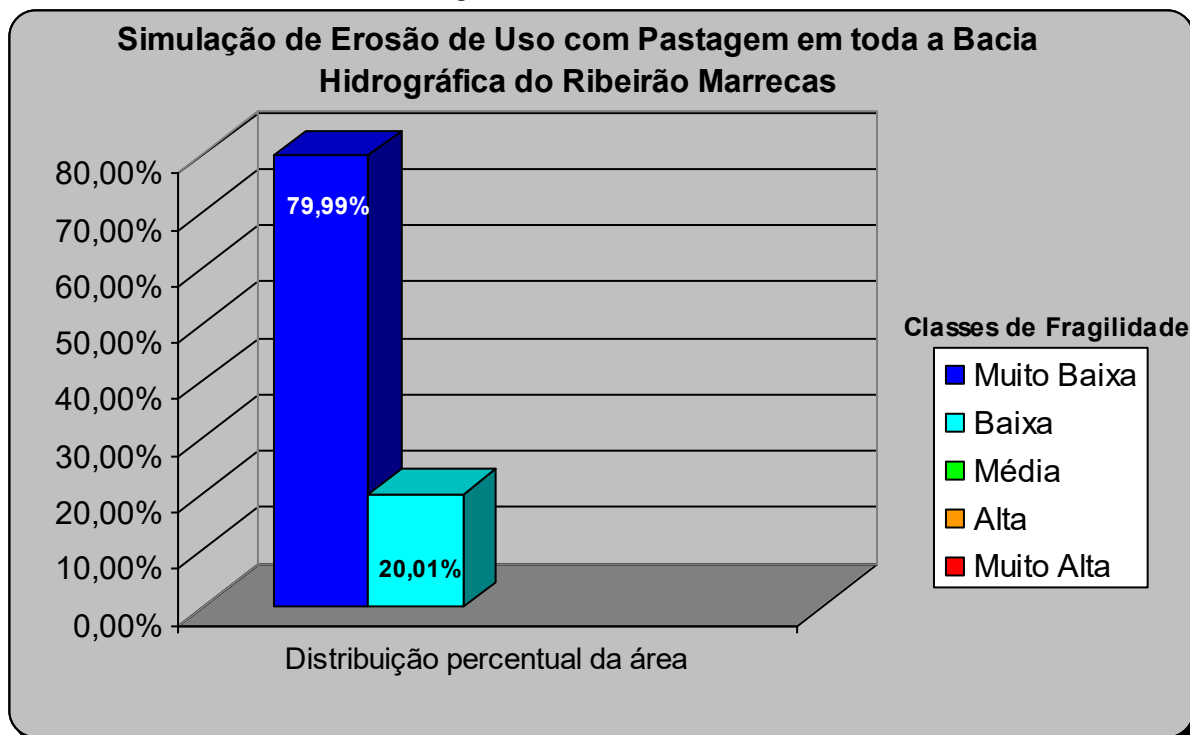
E também o que demonstra esta simulação não se reflete na realidade percebida em campo, onde as pastagens estão muito degradadas na maioria dos locais visitados, pois acabam sendo destinadas as áreas menos produtoras do ponto de vista agrícola, geralmente declivosas, encharcadas e pedregosas (Neossolos 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

Org.: Campos, 2006

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



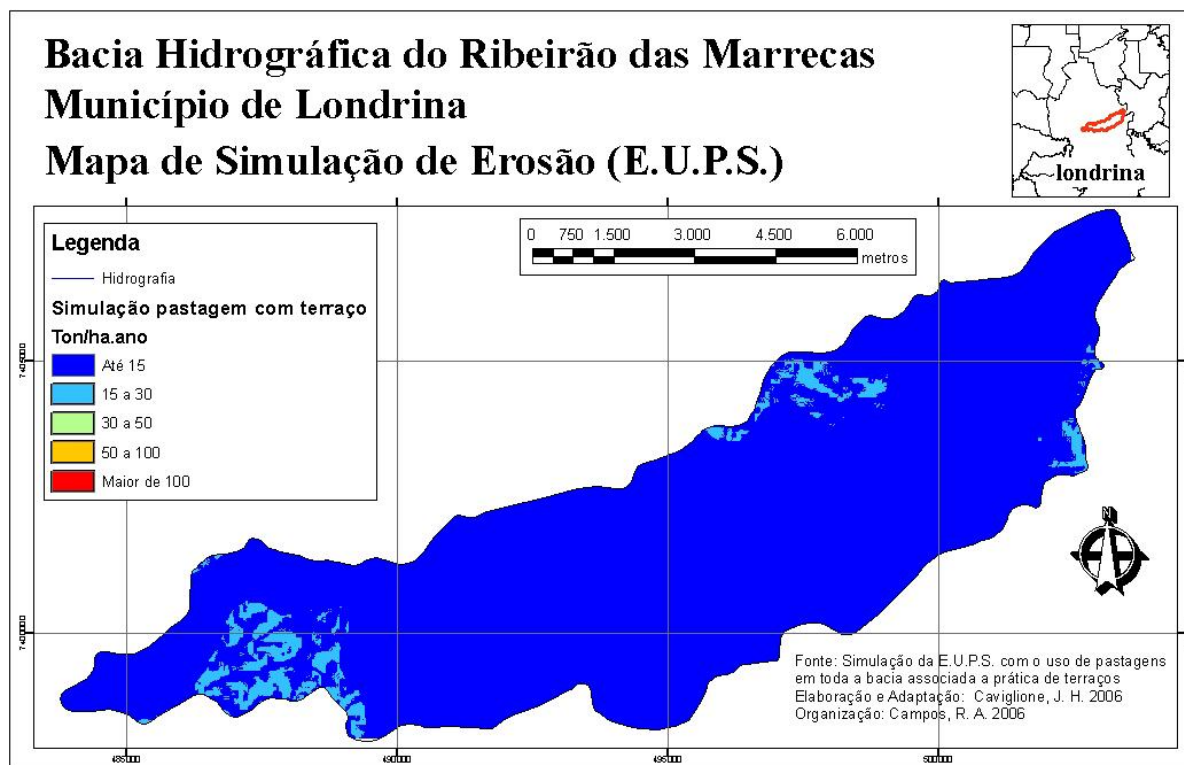
Org.: Campos, 2006

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



Foto: Campos, 2006.

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



Org.: Campos, 2006

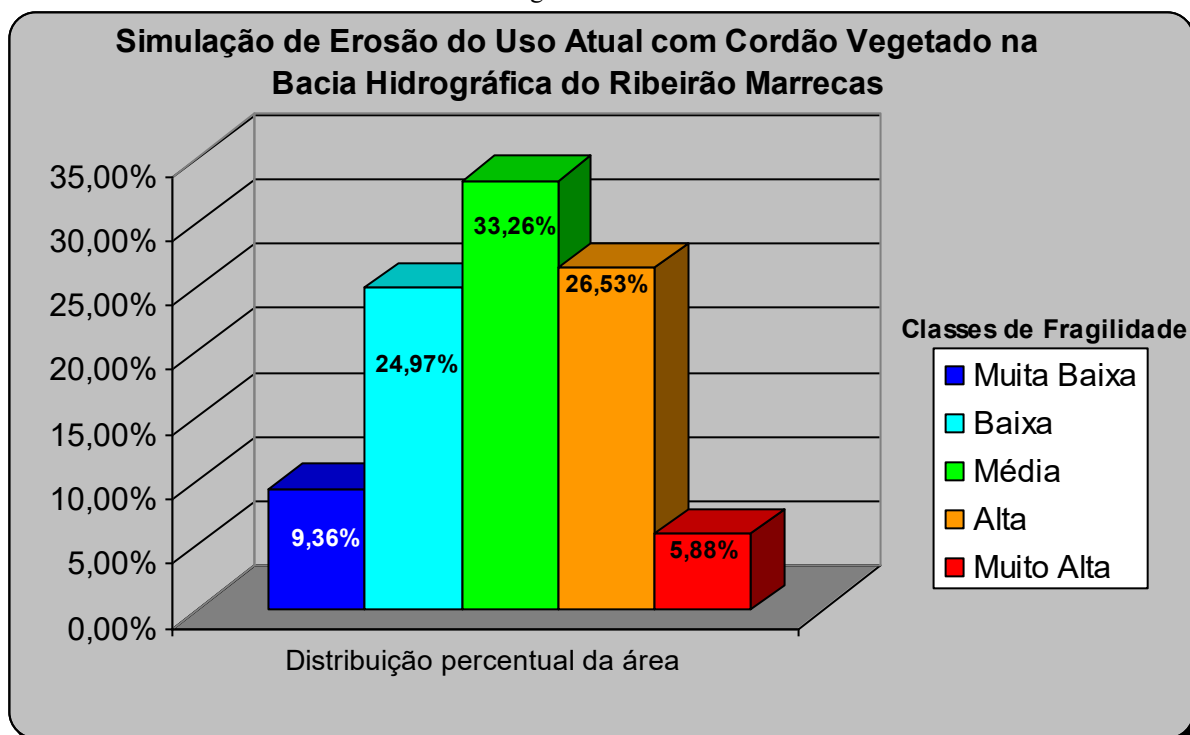
Outra simulação realizada, foi a implementação de cordão vegetado na área de estudo, mantendo o uso atual (Figuras 63 e 64), sem a necessidade de nenhuma mudança drástica nos modos de produção. Esta simulação apresentou uma melhora significativa em relação ao uso real (Tabela 12).

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

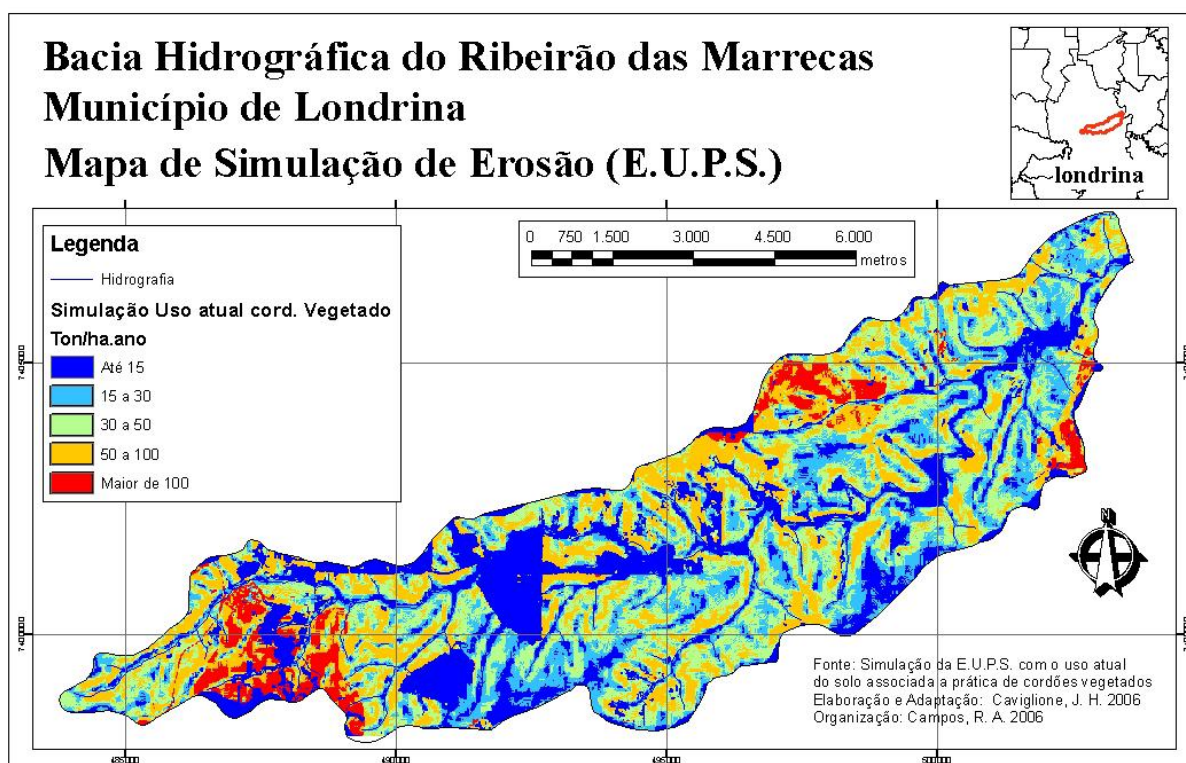
Org.: Campos, 2006

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.



Org.: Campos, 2006

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



Org.: Campos, 2006

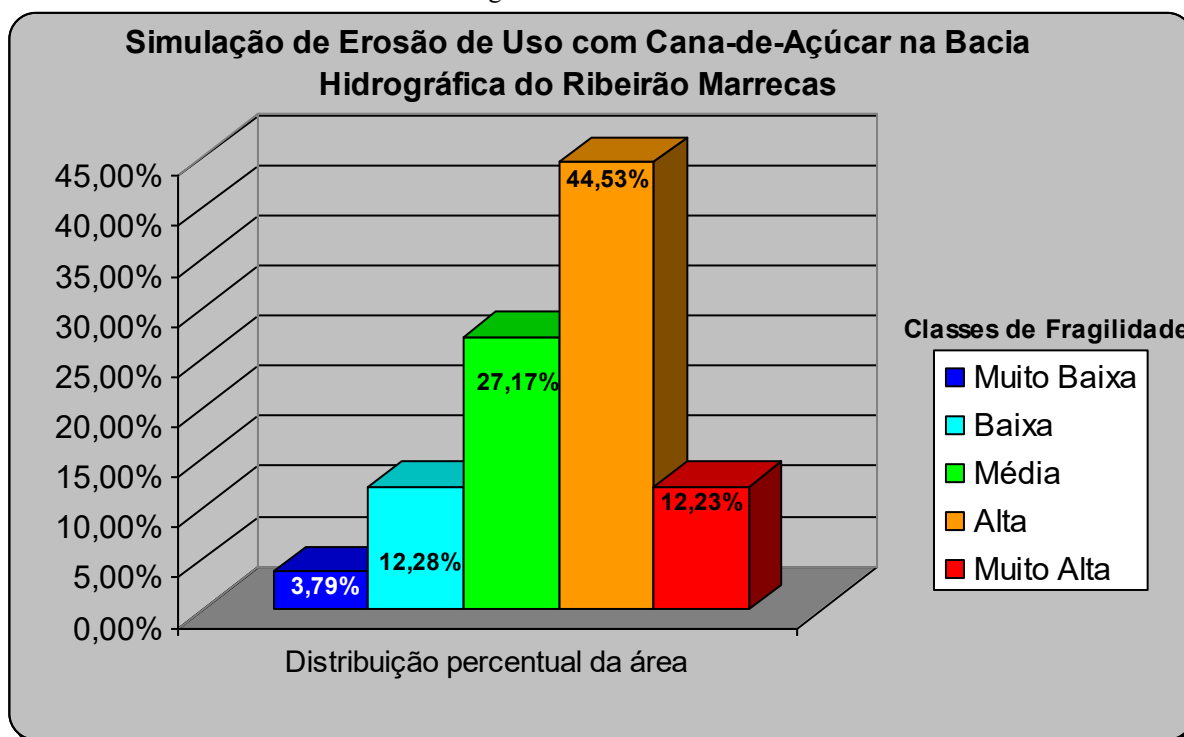
O Mapa de simulação de erosão com cultivo de cana-de-açúcar (Figura 66) foi elaborado, tendo-se como respaldo o fato de que o Brasil está se destacando como um dos precursores no uso do bio-combustível como importante matriz energética, não só no âmbito nacional, mas principalmente internacional. Sendo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

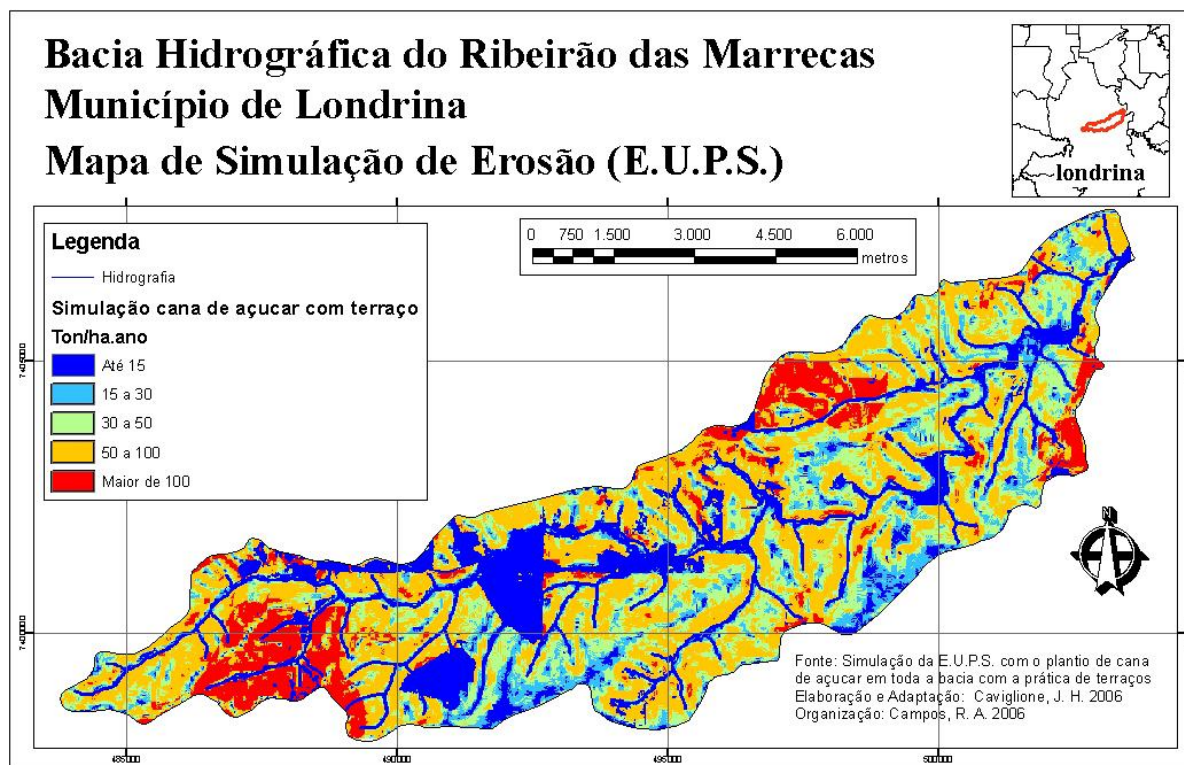
Org.: Campos, 2006

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



Org.: Campos, 2006

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



Org.: Campos, 2006

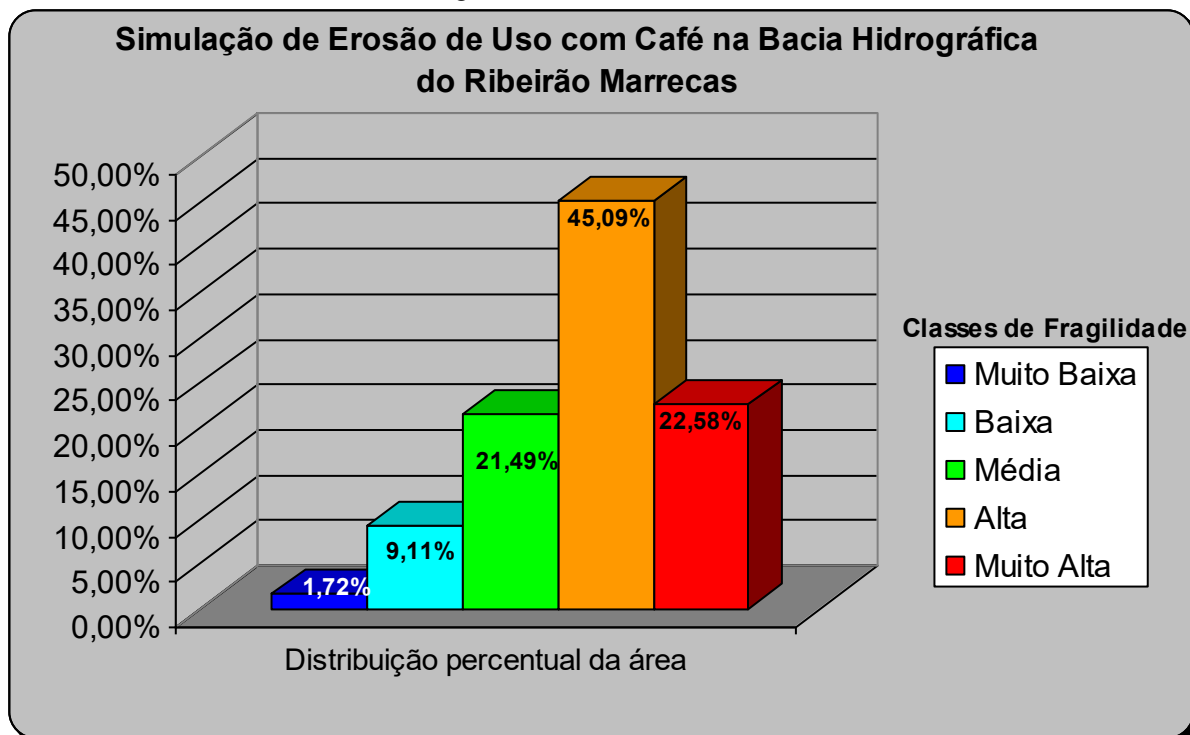
No caso do Mapa de simulação de erosão com cultivo de café (Figura 68), foi realizado um exercício retrospectivo, pois sabe-se que a maior parte da região, não só na bacia, era recoberta pelo cultivo de café até a década de 70, sendo este cultivo o maior responsável pela retirada da vegetação nativa. 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

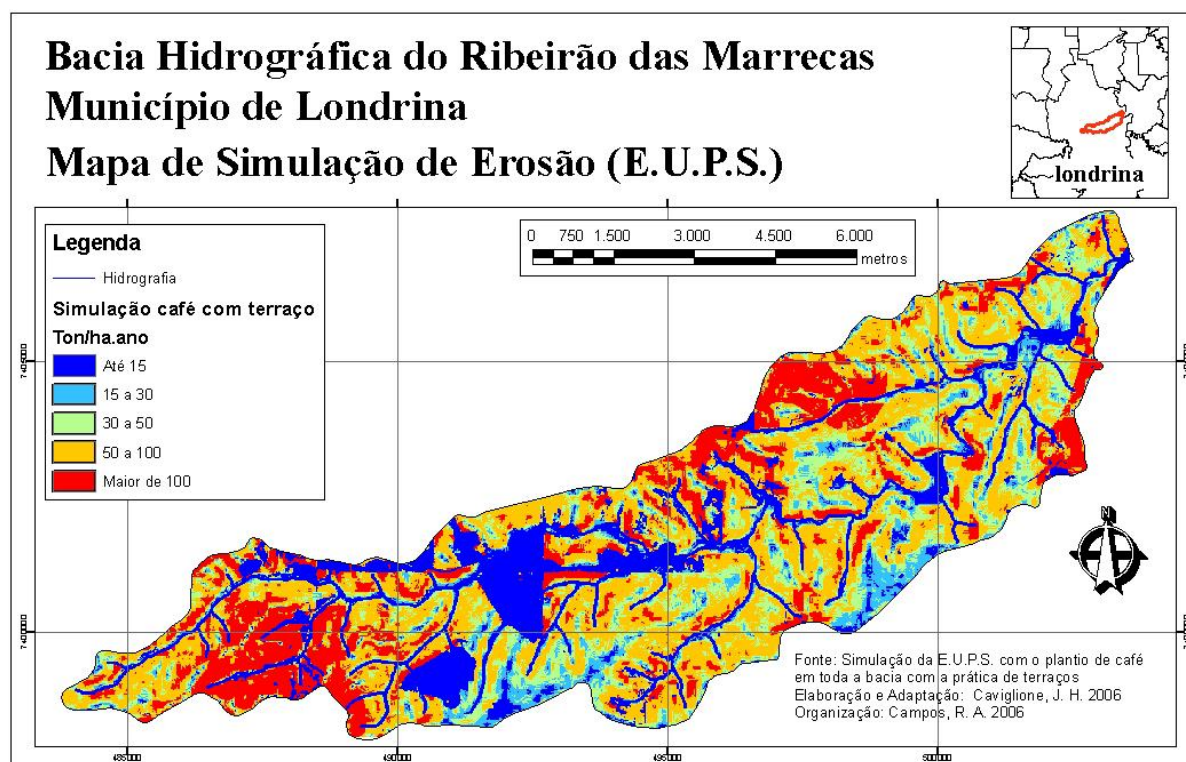
Org.: Campos, 2006

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, 2006

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



Org.: Campos, 2006

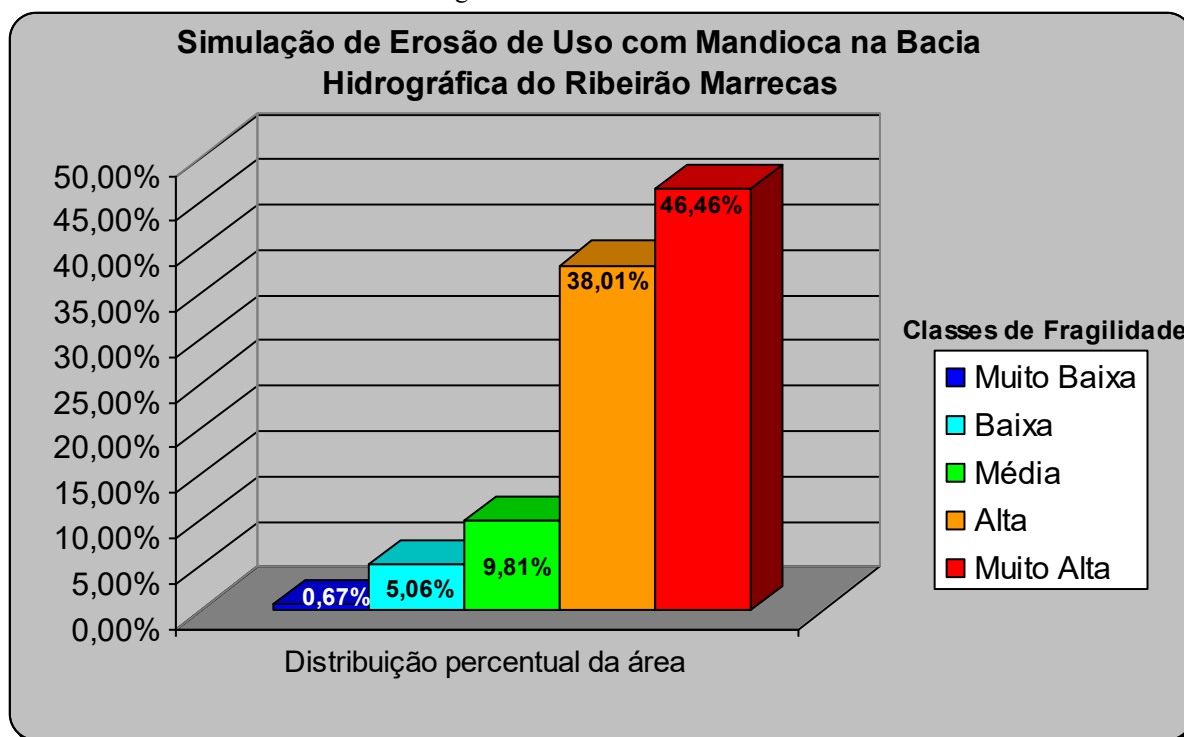
O Mapa de simulação de erosão no cultivo de mandioca (Figura 70) foi realizado também para efeito de comparação de uso do solo, figurando como um dos usos mais impactantes (Tabela 15 e Figura 69). Entretanto, esse cultivo apresenta viabilidade econômica a longo prazo em pequenas áreas. Atualmente, em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

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

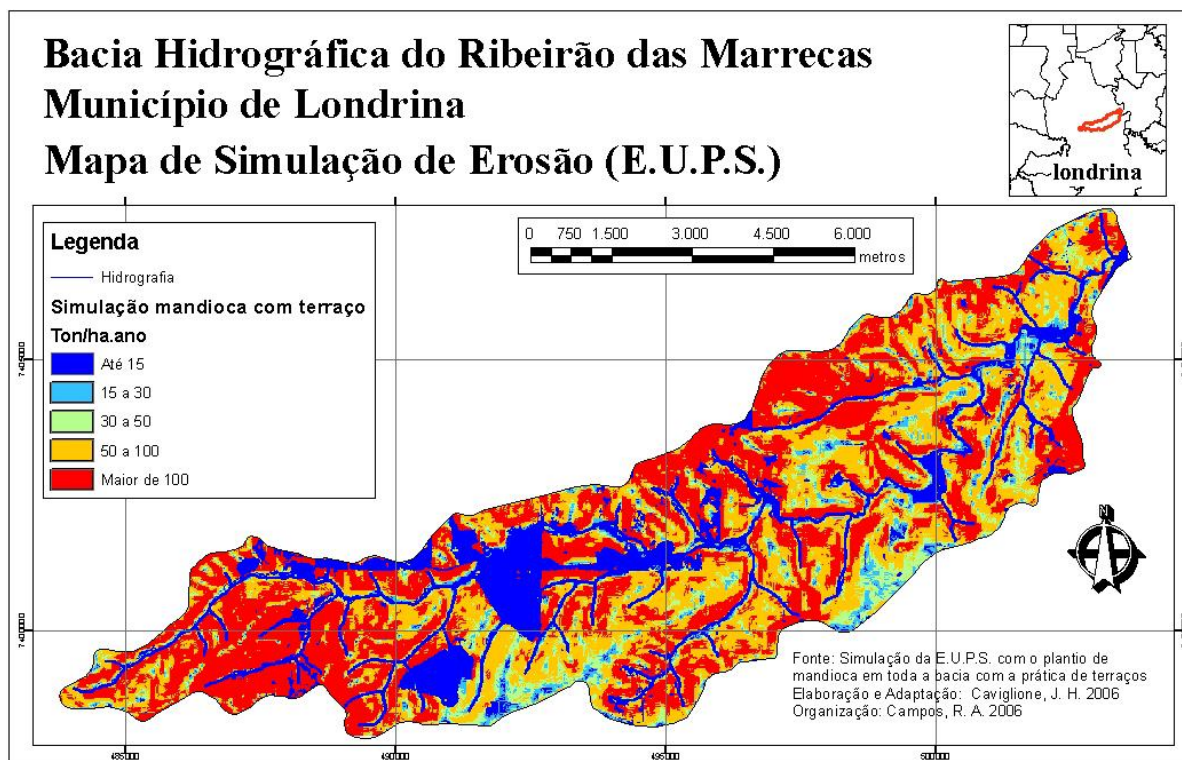
Org.: Campos, 2006

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, 2006

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

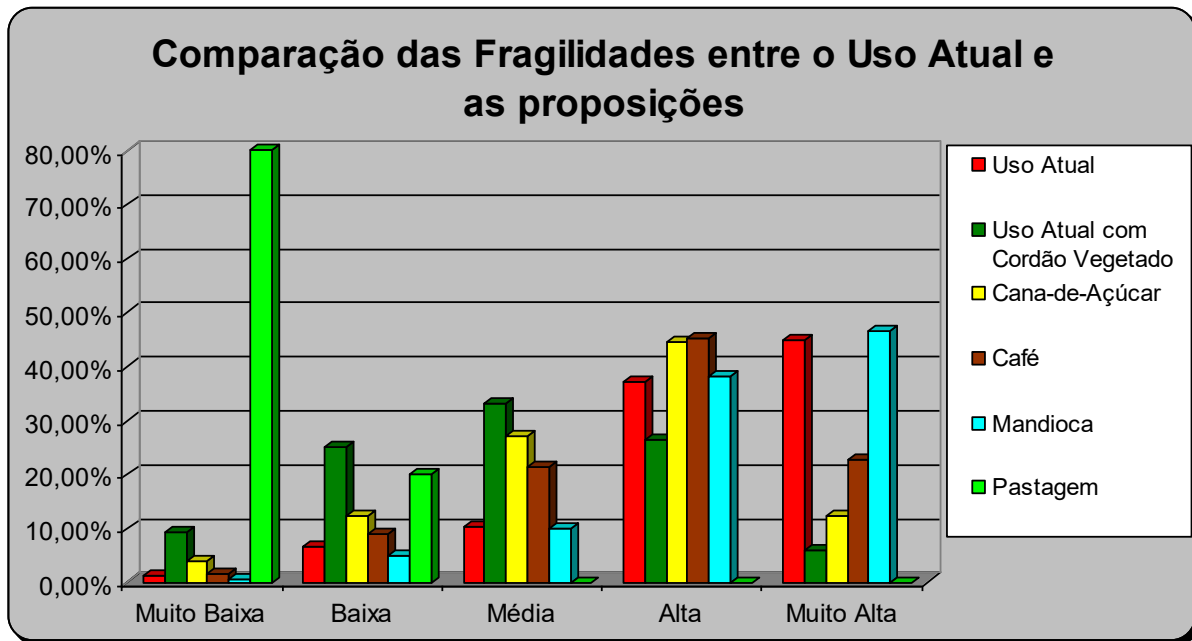


Org.: Campos, 2006

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.

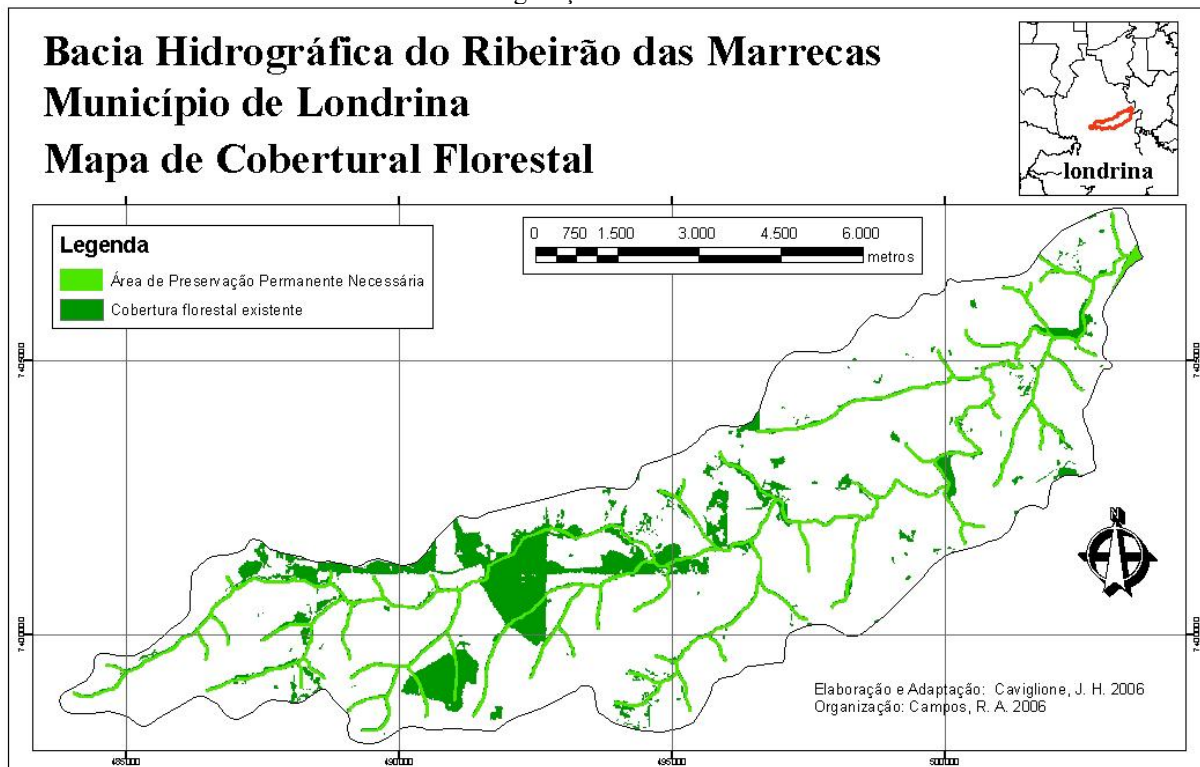
Outro aspecto que se levou em consideração foi a urgência em se recompor as áreas de reserva florestal permanente, pelo menos no que diz respeito a Lei n. 4.771/65, em relação à preservação das matas ciliares, para tanto foi elaborado um Mapa de Cobertura Vegetal (Figura 72) como proposta de recuperação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

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



Org.: Campos, 2006

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



Org.: Campos, 2006

5.3 ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS MARRECAS

Os estudos de bacias hidrográficas revestem-se de grande importância geomorfológica, principalmente no que tange à análise da rede hidrográfica, pois conduz à compreensão de questões geomorfológicas uma vez que as drenagens fluviais constituem processos morfogenéticos dos mais relevantes na esculturação do modelado terrestre. Este trabalho aplicou metodologias com o objetivo de estudar o padrão de drenagem e desenvolver estudos morfométricos na Bacia do Ribeirão das Marrecas, descrevendo-o conforme a conceituação clássica, embasado em noções estabelecidas por estudiosos da Geografia Física, para análise de bacias hidrográficas.

Este tipo de estudo ganhou um caráter mais objetivo a partir de 1945 através de Horton que estudou as leis de desenvolvimento dos rios e de suas bacias. A ele se deve os primeiros estudos sobre a abordagem quantitativa das bacias de drenagem.

Nos estudos morfométricos seguiu-se as recomendações de alguns autores (Ross, 1992; Christofolletti, 1980; Tricart, 1965; Derruau, 1965, Horton, 1945), demonstrando as metodologias aplicadas na análise de bacias hidrográficas (Campos, 2006; Campos & Stipp, 2006; Campos, Stipp, Caviglione, 2016; Campos et. al., 2024). Para isso foi elaborada a caracterização morfométrica a partir de alguns parâmetros físicos da Bacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Horton (1945) utilizando técnicas baseadas na hidrologia, desenvolveu trabalhos preponderantes para os estudos de bacia hidrográfica, que nas décadas posteriores se mostrou eficaz ferramenta da investigação geomorfológica, sendo modificada, melhorada e adaptada por vários estudiosos desta ciência (Ross, 1992; Christofolletti, 1972; Christofolletti, 1980; Tricart, 1965; Derruau, 1965 entre tantos outros), que desenvolveram várias técnicas e teorias, procurando simular e prever propriedades estatísticas das redes de drenagem, suas relações entre números de rios, comprimento de canais, ordem da bacia hidrográfica, perímetro, amplitude altimétrica, área de drenagem dos segmentos fluviais e muitos outros parâmetros quantitativos necessários para a melhor sistematização, mensuração e entendimento da evolução geomorfológica de áreas a serem pesquisadas e planejadas.

A abordagem metodológica contempla a seleção de materiais cartográficos, a utilização de ferramentas de geoprocessamento e a aplicação de técnicas específicas para a

avaliação morfométrica da bacia hidrográfica em estudo. As etapas seguidas visam assegurar a precisão dos dados obtidos e a representatividade dos resultados.

O uso de Modelos Digitais de Terreno (MDTs) e de geoprocessamento permitiu uma análise detalhada da morfometria da bacia hidrográfica, proporcionando uma avaliação criteriosa dos padrões de drenagem e das características geomorfológicas do ambiente estudado. Dessa forma, busca-se oferecer uma interpretação robusta e fundamentada, contribuindo para o avanço do conhecimento na área.

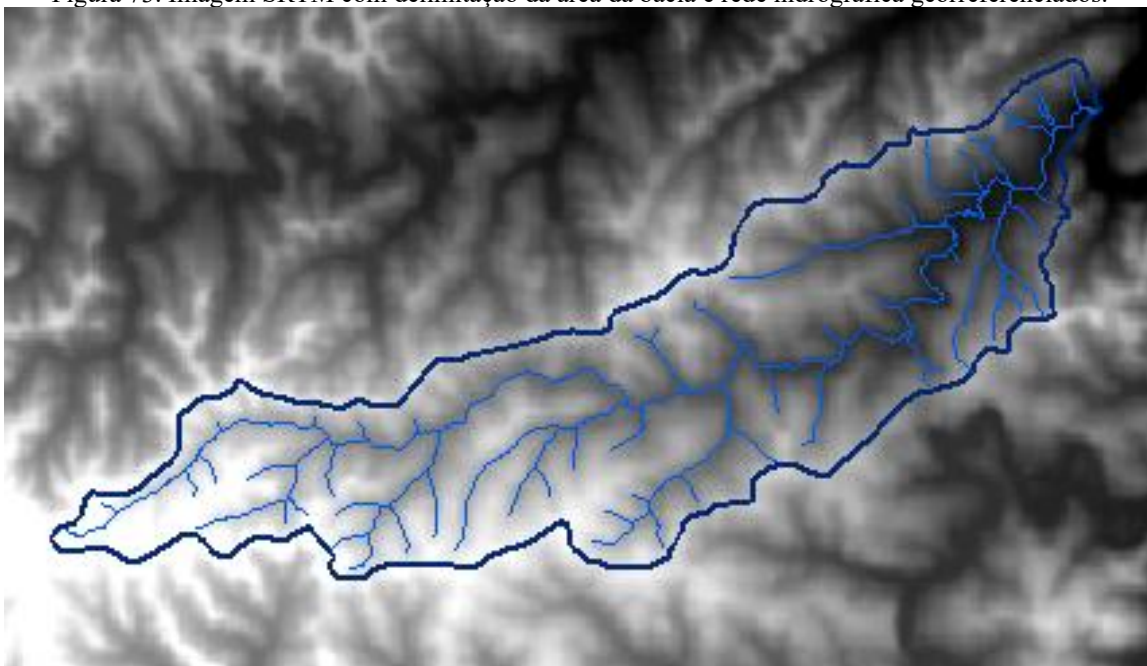
No desenvolvimento deste trabalho foram realizadas diversas etapas, dentre elas a confecção das cartas temáticas, conforme ordenado abaixo:

Digitalizou-se a parte de cada uma das 04 (quatro) cartas topográficas para formação de um quadrante, necessário à delimitação da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas e de sua rede hidrográfica (Figura 9);

Foi utilizado o software ArcInfo/ArcGis 9 e ArcView 8 como sistema de informação geográfica seguindo-se os procedimentos de rotina para a entrada de dados. Com este software foram elaborados outros mapas tais como: Hipsométrico, Solos, Hierarquia Fluvial, etc.

Para a análise morfométrica dessa bacia, foram obtidos os parâmetros através dos Modelos Numéricos de Terrenos (MNTs) (Figura 73), gerados a partir dos dados cartográficos trabalhados com ferramentas de geoprocessamento. Os índices e parâmetros sugeridos para o estudo analítico de uma bacia hidrográfica (Ross, 1992; Christofolletti, 1980; Tricart, 1965; Derruau, 1965, Horton, 1945), foram assim abordados: hierarquia fluvial, análise areal, análise linear e análise hipsométrica.

Figura 73. Imagem SRTM com delimitação da área da bacia e rede hidrográfica georreferenciados.



Fonte: USGS (2006).

Para a análise morfométrica dessa bacia, foram obtidos os parâmetros através dos Modelos Digitais de Terrenos (MDTs), gerados a partir dos dados cartográficos trabalhados com ferramentas de geoprocessamento.

As equações selecionadas para a análise hidrográfica do córrego Água das Araras foram estabelecidas em conformidade com os parâmetros previamente citados, fundamentando-se nos estudos pertinentes à área (Campos & Stipp, 2006; Campos *et. al.*, 2024; Campos *et. al.*, 2025):

Relação de bifurcação (Rb):

$$Rb = \frac{N_w}{N_{w+1}}$$

em que Rb é a relação de bifurcação; N_w é o número de seguimentos de determinada ordem e, N_{w+1} é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Relação ponderada de bifurcação (Rpb):

$$Rpb = \frac{\left[\left(\frac{Rb_w \cdot Rb_{w+1}}{N_{TR}} \right) + \left(\frac{Rb_{w+1} \cdot Rb_{w+2}}{N_{TR}} \right) + \left(\frac{Rb_{w+2} \cdot Rb_{w+3}}{N_{TR}} \right) + \dots \right]}{N_u}$$

Para este índice, multiplica-se o Rb de cada conjunto de duas ordens sucessivas pelo número total de canais envolvidos nessa relação; após, divide-se a soma total dos produtos obtidos pela soma total de canais encontrados na bacia. O valor médio encontrado é a relação ponderada de bifurcação.

Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (Rlm):

$$RLm = \frac{Lm_w}{Lm_{w-1}}$$

em que Rlm é a relação entre os comprimentos médios dos canais; Lm_w é o comprimento médio dos canais de cada ordem e, Lm_{w-1} é o comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior.

Comprimento do rio principal: Distância da foz até a nascente mais distante. Extensão do percurso superficial (Eps):

$$Eps = \frac{1}{2Dd}$$

em que Eps é a extensão do percurso superficial em metros e Dd é a densidade de drenagem.

Gradiente dos canais:

$$G = \left(\frac{H - h}{L} \right) \cdot 100$$

em que G é o gradiente dos canais, H é a altitude da nascente, h é a altitude da foz e L é comprimento do rio principal (em metros).

Índice de sinuosidade (S):

$$Is = \frac{L}{Lt}$$

em que Is é o índice de sinuosidade; L é o comprimento do rio principal e, Lt é o comprimento do eixo da bacia.

Comprimento médio dos canais (Lm):

$$Lm = \frac{Lu}{Nu}$$

em que Lm é o comprimento médio dos rios; L_u é a extensão total dos rios e N_u é o número total de rios.

Área da bacia (A):

Refere-se a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, fornecida em m^2 ou km^2 , principalmente.

Forma da bacia (Ff):

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

em que Ff é o fator forma; A é a área da bacia e L é o comprimento do eixo.

Índice de circularidade (Ic):

$$IC = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$$

em que Ic é o índice de circularidade, A é a área da bacia e P é o perímetro da bacia.

Densidade de rios (Dr):

$$Dr = \frac{N}{A}$$

em que Dr é a densidade de rios; N é o número de canais; A é a área da bacia;

Densidade de drenagem (Dd):

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

em que Dd é a densidade de drenagem; L_t o comprimento total dos canais e A a área da bacia. Correlaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica.

Coefficiente de manutenção (Cm):

$$Cm = \left(\frac{1}{Dd} \right) \cdot 1000$$

em que Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é a densidade de drenagem;

Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm):

$$A = Alt_{min} - Alt_{max}$$

Diferença altimétrica entre a altitude da foz e a altitude do ponto mais alto do divisor topográfico.

Relação de relevo (Rr):

$$Rr = \frac{Hm}{Lb}$$

em que Rr é a relação de relevo; Hm é a amplitude topográfica máxima e Lb é o comprimento da bacia.

Índice de rugosidade (Ir):

$$Ir = \frac{Hm}{Dd}$$

em que Ir é o índice de rugosidade; Hm é a amplitude altimétrica e Dd é a densidade de drenagem.

Índice de Compacidade expresso na formula (Kc):

$$Kc = 0,28X \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

em que Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro (m) e A a área de drenagem (m^2).

A classificação da configuração da drenagem foi baseada nos tipos básicos dos padrões de drenagem de acordo com Christofolletti (1980).

Analisando-se a bacia hidrográfica como um todo observou-se que o seu desenvolvimento e sua forma alongada remetem a um padrão de drenagem paralela/subparalela.

De acordo com os estudos propostos por William Morris Davis (1909) o Ribeirão das Marrecas se classifica como conseqüente, isto é, aquele cujo curso foi determinado pela declividade da superfície terrestre.

A análise linear realizada neste estudo desta bacia indicou que ela está fortemente influenciada pelo controle geológico, o que se evidencia pela discrepância do resultado da relação de bifurcação para a 3ª ordem em relação com a 2ª e 4ª ordem. Isso tudo demonstra que a rede de drenagem da bacia do Ribeirão das Marrecas é controlada principalmente pelos canais de 2ª ordem (Tabela 17).

Na análise do comportamento da bacia estudada constatou-se uma hierarquia fluvial de 4ª ordem (Figuras 74, 75 e Tabela 16) segundo classificação proposta por Horton em 1945 (apud Christofolletti, 1980), onde se observou que esse parâmetro se relaciona proporcionalmente à área da bacia.

Tabela 16. Tabela demonstrando a Hierarquia Fluvial e a Relação entre o número de canais e a extensão dos canais em cada Ordem.

Ordem dos Canais	Nº de Canais	Extensão dos Canais em km
1ª	42	30,838
2ª	11	25,064
3ª	2	11,459
4ª	1	28,863

Org.: Autores, 2025.

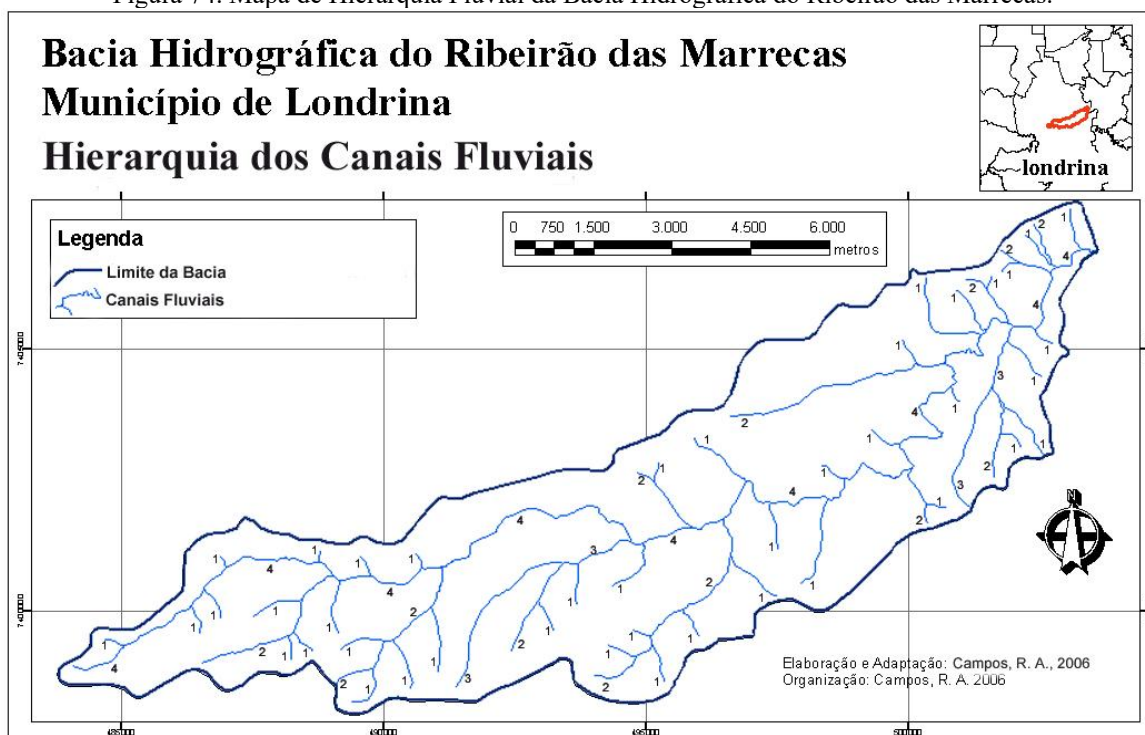
Tabela 17. Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

DADOS OBTIDOS	BACIA
Perímetro	53,144 km
Área de Drenagem	72,48 km ²
Eixo da Bacia	21,432 km
Comprimento do Canal Principal	28,863 km
Comprimento Médio dos Canais	1,718 km
Densidade de Drenagem	1,327 km/km ²
Densidade de Rios	0,773 canais/km ²
Extensão Percurso Superficial	0,376 km
Índice de Sinuosidade	1,35
Relação de Relevo	0,0127 m/Km ⁻¹
Índice de Rugosidade	363,598 m/(Km/Km ²)
Coeficiente de Manutenção	753,579 m ² /m
Fator Forma	0,157

Índice de Compacidade		1,747 m/m ²					
Índice de Circularidade		0,322					
Altitude Máxima		661 m					
Altitude Mínima		387 m					
Amplitude Altimétrica		274 m					
Comprimento Total dos Canais		96,225 km					
Número de Canais		56					
Gradiente Canal Principal		0,95%					
Ordem da Bacia		4 ^a					
Relação Ponderada de Bifurcação		0,982					
Ordem	Número de segmentos			Relação de bifurcação	Comprimento médio dos canais	Relação ponderada de bifurcação	Relação entre o comprimento médio dos canais
	D	E	T				
1 ^a	26	16	42	-	0,734 km	-	0,322
2 ^a	6	5	11	3,818	2,278 km	41.998	0,397
3 ^a	2	0	2	5,5	5,729 km	11	0,198
4 ^a			1	2,0	28,863 km	2	-

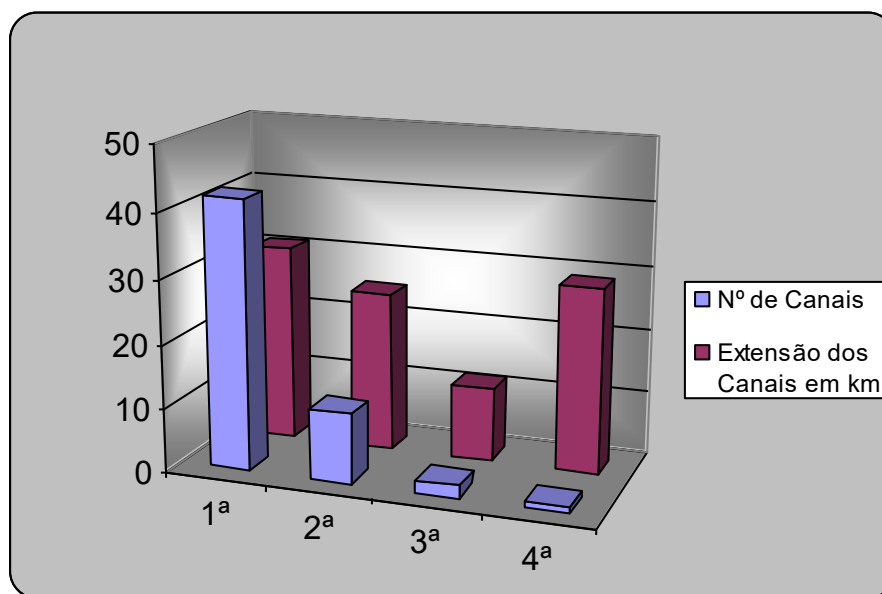
Org.: Autores, 2025.

Figura 74. Mapa de Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.



Org.: Campos, 2006.

Figura 75. Gráfico demonstrando a Hierarquia Fluvial e a Relação entre o número de canais e a extensão dos canais em cada Ordem.



Org.: Autores, 2025.

O grau de inclinação do Ribeirão das Marrecas evidenciado através do resultado do gradiente do canal principal é de 0,95%.

O número de canais de primeira ordem aparecem em toda a extensão da bacia, devido a predominância dos Nitossolos, que são solos bem desenvolvidos, oriundos de rochas eruptivas básicas, sendo bem estruturados, com porosidade regular e boa drenagem.

De acordo com a classificação de forma da bacia proposta por Lee & Salle (1970 *apud* Christofoletti, 1980), pode-se atribuir a forma retangular a área de estudo. O índice de circularidade da bacia indica um valor (0,322) que reflete sua forma mais alongada, favorecendo um melhor escoamento. Isso indica que a precipitação pluviométrica sobre a bacia hidrográfica se concentra em diferentes pontos, contribuindo para amenizar a influência da intensidade de chuvas (Tabela 17).

Encontrou-se um índice de 1,327 km/km² para densidade de drenagem, o que confirma que a bacia tem capacidade classificada como média baixa, segundo Villela & Mattos (1975).

O coeficiente de manutenção da bacia é alto (753,579 m²/m), o que também foi demonstrado pelo índice de densidade de rios (0,772 canais/km²), sendo que pode-se atribuir as baixas declividades e boa capacidade de recarga hídrica a esses resultados (Tabela 17).

Correlacionando os resultados obtidos, observou-se que a influência litológica e tectônica exerceram grande controle no processo de geração e deposição de sedimentos na bacia. A litologia proporcionou o controle estrutural que devido a resistência ao intemperismo permitiu ao relevo a manutenção de formas suavemente onduladas e de baixas declividades, onde os mantos de intemperismo bastante espessos na maior parte da bacia, evidenciaram o baixo gradiente do canal principal.

A importância da avaliação dos parâmetros morfométricos reflete-se principalmente no que diz respeito à execução do planejamento ambiental e gestão territorial de bacias hidrográficas. Tem relevância também no estudo de mananciais de abastecimento público, no tocante à qualidade e quantidade do recurso hídrico, aspectos indissociáveis do geossistema.

A análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marrecas revelou-se uma ferramenta valiosa não apenas para a compreensão das dinâmicas físicas e ambientais do território, mas também para sua aplicação pedagógica interdisciplinar. Ao quantificar aspectos como forma, relevo, drenagem e declividade, os dados gerados favorecem a construção de interpretações mais robustas sobre os processos geomorfológicos, hidrológicos e suas implicações para a gestão ambiental.

Do ponto de vista educacional, essa abordagem oferece oportunidades significativas de articulação entre conteúdos da Geografia, da Matemática e das Ciências Naturais. A análise de bacias hidrográficas permite, por exemplo, o desenvolvimento de habilidades matemáticas por meio da leitura e interpretação de gráficos, cálculos de áreas, razões e proporções, além de promover o letramento científico e geográfico a partir de uma realidade próxima aos estudantes. Quando trabalhada sob o enfoque da educação ambiental crítica, a morfometria contribui também para a formação de uma consciência cidadã, capaz de compreender a complexidade das relações entre sociedade e natureza (Loureiro, 2006; Reigota, 2010).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu compreender, de maneira abrangente, os aspectos físicos, ambientais e antrópicos que caracterizam a Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas, localizada no município de Londrina, Paraná. A partir de uma abordagem integrada e fundamentada em análises morfométricas, geológicas, pedológicas, climáticas e de uso do solo, identificaram-se áreas de elevada vulnerabilidade ambiental, cuja origem está fortemente relacionada à expansão urbana desordenada, à supressão da vegetação nativa e às práticas agropecuárias não condizentes com a aptidão das terras.

Os resultados indicam que a bacia apresenta forma alongada e elevada densidade de drenagem, características que, associadas às declividades médias e à fragilidade dos Latossolos Vermelhos eutroféricos predominantes, contribuem para a intensificação dos processos erosivos. As simulações realizadas com diferentes cenários de cobertura vegetal demonstraram o papel fundamental da vegetação natural na retenção de sedimentos e na regulação do escoamento superficial, ressaltando a urgência na recomposição das matas ciliares e na adoção de práticas conservacionistas como medidas eficazes de contenção da degradação.

Um dos principais produtos desta pesquisa foi o levantamento detalhado do estado ambiental da bacia, com base na aplicação da EUPS (Estratégia de Unidades de Paisagem Sustentável). Esta metodologia permitiu constatar que aproximadamente 81% da área da bacia encontra-se classificada com qualidade ambiental baixa ou muito baixa. Tal cenário é alarmante e aponta para a necessidade urgente de medidas mitigadoras, pois, mantida essa trajetória de uso e ocupação do solo, os processos de degradação tendem a evoluir de maneira contínua e, possivelmente, irreversível.

Nesse contexto, ficou evidente que o modelo atual de uso e ocupação do solo está defasado e desconsidera tanto as potencialidades quanto as limitações impostas pelo geossistema. A ausência de vegetação ciliar, o manejo inadequado dos solos, a destruição das nascentes e o avanço da fronteira agropecuária são fatores que agravaram os processos de erosão e perda da funcionalidade ambiental da bacia hidrográfica.

O índice de fragilidade ambiental, calculado com base no potencial erosivo da área, permitiu a elaboração de simulações que antecipam cenários de agravamento da degradação, caso nenhuma medida corretiva seja adotada. Nesse sentido, as geotecnologias

empregadas — como o uso de Modelos Numéricos de Terreno (MNT), dados do SRTM e o processamento em ambiente SIG — foram essenciais para o diagnóstico espacial preciso e fundamentado.

A metodologia desenvolvida nesta pesquisa revela-se, portanto, uma ferramenta útil para o planejamento ambiental da área de forma integrada, promovendo ações que considerem as especificidades do território e evitando impactos negativos decorrentes do uso inadequado do solo. A efetividade dessa abordagem depende, contudo, de uma mudança de paradigma: é imprescindível alterar a visão antrópica dominante, que ainda dissocia produção econômica de conservação ambiental.

Medidas urgentes devem ser implantadas, como a restauração das matas ciliares, a implementação de práticas de manejo sustentável, o incentivo à agricultura familiar com base agroecológica, o uso racional dos recursos hídricos e o fortalecimento da educação ambiental. Tais ações têm o potencial de não apenas mitigar os danos ambientais já identificados, mas também de promover geração de trabalho, otimização da produção local e o desenvolvimento sustentável da região.

Por fim, o estudo da Bacia do Ribeirão das Marrecas não se limita ao diagnóstico físico e ambiental: ele propõe caminhos para a formação de uma consciência territorial e socioambiental crítica. Ao integrar ciência, planejamento e educação, reforça-se a importância do vínculo entre universidade, escola e comunidade como eixo estruturante de práticas comprometidas com a sustentabilidade e com o futuro das gerações.

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. **Estudos ambientais no espaço geográfico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas – Londrina – Pr**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Estadual de Londrina.
- CAMPOS, R. A.; DIAS, E. A.; MENDES, G. H. G. I.; SUZUKI, J. T. F.; NISHIKAWA, T. F. da C.; ARAUJO, C. G. de; TODAN, I. C. Morphometric analysis and environmental planning: an educational approach in science and mathematics for understanding geomorphological processes in the Água das Araras watershed, Cornélio Procópio and Santa Mariana, Paraná, Brazil. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 12, p. 01-29, 2024.
- CAMPOS, R. A.; DIAS, E. A.; MENDES, G. H. G. I.; SUZUKI, J. T. F.; NISHIKAWA, T. F. da C.; ARAUJO, C. G. de; TODAN, I. C. Morphometric analysis and environmental planning: an educational approach in science and mathematics for understanding geomorphological processes in the Water Basin of the Água das Araras Stream, Cornélio Procópio and Santa Mariana, Paraná, Brazil. In: **The Science of Nature: A Journey Through Biology**. ed. 1. São José dos Pinhais: Seven Editora, p. 1-25, 2025a.
- 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.

CAMPOS, R. A.; STIPP, N. A. F. Estudos Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas - Londrina - PR. In: PINESE, José P. P.; ASARI, Alice Y.; BARROS, Miriam V.; YAMAKI, Humberto (Org.). **Geografia e Meio Ambiente: Estudos Teóricos e Metodológicos**. Londrina: Edições Humanidades, 2006, v. 1, p. 3-30.

CAMPOS, R. A.; STIPP, N. A. F.; CAVIGLIONE, J. H. Estudos ambientais no espaço geográfico da Bacia Hidrográfica do Córrego do Veado, no Município de Cornélio Procópio – PR: Aplicação da EUPS. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 2, p. 81-99, 2016.

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.

CHRISTOFOLETTI, A. O desenvolvimento da geomorfologia. **Not. Geomorfol.**, v. 12, n. 13, p. 13-30, jun. 1972.

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.

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.

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

DAVIS, W. M. **Geographical Essays**. Boston: Ginn & Co., 1909.

DERRUAU, M. **Précis de Géomorphologie**. 4. ed. Paris: Masson et Cie. Ed., 1965.

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 – 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).

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

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. 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.

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

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

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.

LOUREIRO, C. F. B. **Educação ambiental e movimentos sociais: a construção de uma cidadania ecológica**. São Paulo: Cortez, 2006.

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

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, Iracemápolis, 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.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 2010.

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

RODRIGUES, S. C. Análise da fragilidade do relevo. Abordagem empírico-experimental. **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.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. do Departamento de Geografia**, n. 6, p. 17-30, 1992.

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.

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.

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. Departament of Agriculture, Washington, 1978.

REALIZAÇÃO:



ACESSE NOSSO CATÁLOGO!



WWW.SEVENPUBLI.COM

CONECTANDO O **PESQUISADOR** E A **CIÊNCIA** EM UM SÓ CLIQUE.