UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

VANDERLEI MARINHESKI

CAPACIDADE DE USO DA TERRA E PERDA DE SOLO EM UMA PROPRIEDADE REPRESENTATIVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO ATALHO, CRUZ MACHADO – PR.

PONTA GROSSA
2011

VANDERLEI MARINHESKI

CAPACIDADE DE USO DA TERRA E PERDA DE SOLO EM UMA PROPRIEDADE REPRESENTATIVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO ATALHO, CRUZ MACHADO – PR.

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geografia, Curso de Mestrado em Gestão do Território da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Gestão do Território.

Prof. Orient. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz.

PONTA GROSSA
2011

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor Tratamento da Informação BICEN/UEPG

Marinheski, Vanderlei
M338c Capacidade de uso da terra e perda do solo em uma propriedade representativa na Bacia Hidrográfica do Rio do Atalho , Cruz Machado - PR / Vanderlei Marinheski . Ponta Grossa, 2011.
136f.

Dissertação (Mestrado em Geografia - Gestão do Território), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientador: Prof.. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz

1. Mensuração de erosão. 2.Pino de erosão. 3. Levantamento utilitário do meio físico. 4. Capacidade de uso da terra.
5. Propriedade representativa. I. Thomaz, Edivaldo Lopes. II. T.

CDD: 631.45

TERMO DE APROVAÇÃO

VANDERLEI MARINHESKI

CAPACIDADE DE USO DA TERRA E PERDA DE SOLO EM UMA PROPRIEDADE REPRESENTATIVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ATALHO, CRUZ MACHADO-PR

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado em Gestão do Território, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz
UEPG/UNICENTRO

Profa. Dra. Maria Ligia Cassol Pinto
UEPG

Prof. Dr. José Edézio da Cunha
UNIOESTE

Ponta Grossa, 26 de Setembro de 2011.

Dedico este trabalho a todos os agricultores envolvidos na conservação do solo.

AGRADECIMENTOS

A Deus mestre de todos os mestres.

Ao professor Dr. Edivaldo Lopes Thomaz, pelas contribuições com seus conhecimentos e sugestões durante esses 2 anos de orientação desta dissertação.

Aos meus pais (Paulo e Tereza), irmãos (Antônio e Moacir), parentes e amigos pelo apoio em todos os momentos e ajuda nos trabalhos de campo.

A professora Dra. Maria Lígia Cassol Pinto pelas contribuições nas principais etapas de avaliação do desenvolvimento desta pesquisa junto ao programa do Mestrado.

A minha colega de Mestrado Ingrid Aparecida Gomes pelo auxílio na elaboração do material cartográfico.

Ao pesquisador do IAPAR Luis Zanão Junior pelas análises físicas e químicas do solo e empréstimo de equipamentos para coleta de solo.

Aos diretores, coordenadores e professores do Centro Estadual de Educação Básica para Jovens e Adultos: Prof. Paschoal Salles Rosa de Ponta Gross- PR, pela compreensão nos momento em que precisei trocar os horários de aula para fazer atividades do Mestrado.

Aos meus colegas de Mestrado, pela amizade e apoio durante o curso.

Os meus agradecimentos a todos os agricultores da bacia pelos seus testemunhos e informações que enriqueceram essa pesquisa.

“A Ciência nada mais é senão o senso comum aperfeiçoado e organizado.”

(HUXLEY)

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Fórmula mínima para levantamento de capacidade de uso da terra proposto por Lepsch et al. (1983)..... 71

Equação 2 – Magnitude de remoção do solo em cada pino baseado em Antoneli et al. (2009)..... 78

Equação 3 – Média de remoção do solo de cada parcela e perfil proposto por Vieira (1980)..... 79

Equação 4 – Erosão ou acúmulo de solo em kg/m² baseado em Thomaz e Antoneli (2008)..... 79

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Esquema do desenvolvimento dos horizontes do solo..... 23

FIGURA 2 – Localização da área de estudo..... 52

FIGURA 3 – Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio do Atalho, PR..... 54

FIGURA 4 – Características do solo classificado como Neossolo Regolítico/Litólico em média vertente na Bacia do Rio do Atalho, PR..... 56

FIGURA 5 – Mapa de declividade da Bacia do Rio do Atalho, PR..... 57

FIGURA 6 – Estrada construída junto à vertente na Bacia do Rio do Atalho, PR..... 58

FIGURA 7 – Características de ocupação das vertentes na Bacia do Rio do Atalho, PR..... 61

FIGURA 8 – Carroção utilizado na bacia do rio do Atalho, PR..... 62

FIGURA 9 – Localização da propriedade representativa na Bacia do Rio do Atalho, PR..... 64

FIGURA 10 – Mapa de uso e ocupação do solo na propriedade representativa na Bacia do Rio do Atalho, PR..... 65

FIGURA 11 – Equipamentos utilizados em agricultura de subsistência..... 66

FIGURA 12 – Localização das parcelas dentro da propriedade Representativa..... 74

FIGURA 13 – Características das parcelas nos barrancos das estradas..... 76

FIGURA 14 – Procedimento para mensurar o perfil das estradas..... 77

FIGURA 15 – Mapa de capacidade de uso da terra para da Bacia do Rio do Atalho, PR..... 83

FIGURA 16 – Mapa de capacidade de uso da terra na propriedade representativa da Bacia do Rio do Atalho, PR..... 88

FIGURA 17 – As várias formas de cobertura vegetal exercidas pela plantação de milho durante o ciclo de crescimento..... 96

FIGURA 18 – Solapamento rente ao tronco de milho, expondo as raízes.... 97

FIGURA 19 – Milho em meio ao material rochoso..... 98

FIGURA 20 – Cultivo do solo em agricultura na bacia do rio do Atalho, PR.. 100

FIGURA 21 – Erosão desencadeada pelo pisoteio de bovinos..... 102

FIGURA 22 – O rompimento de uma ponte em uma área de passagem de animais..... 102

FIGURA 23 – Área de pastagem na propriedade representativa..... 103

FIGURA 24 – Depósito de sedimentos em local de pastagem..... 105
FIGURA 25 – Parcela em local com de erva-mate e os diferentes estágio de cobertura vegetal..... 106
FIGURA 26 – Parcelas em área de quintal..... 108
FIGURA 27 – Processos erosivos em estradas da bacia do rio do Atalho, PR..... 111
FIGURA 28 – Características da cobertura vegetal e estrutura dos barrancos nos trechos de estrada 1, 2, 3 e 4..... 114
FIGURA 29 – Águas turvas do Rio do Atalho, logo após evento chuvoso..... 117
FIGURA 30 – Depósitos de sedimentos..... 118
GRÁFICO 1 – Estimativa de perda de solo em kg/m²/ano e a respectiva porcentagem para diferentes usos do solo na Bacia do Rio do Atalho, PR..... 116

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Perdas de solo por erosão em diferentes usos da terra..... 40

QUADRO 2 – Produção da bacia do arroio do Atalho durante o ano de 2009.. 59

QUADRO 3 – Capacidade de uso da terra de acordo com as características das classes..... 70

QUADRO 4 – Caracterização dos trechos de estradas..... 75

QUADRO 5 – Resultado da análise química (de rotina) para os diferentes pontos de mensuração..... 91

QUADRO 6 – Resultados das análises físicas (densidade global e granulometria) para o diferentes pontos de mensuração..... 94

QUADRO 7 – Calendário agrícola utilizado pelos agricultores da Bacia do Rio do Atalho, PR..... 95

QUADRO 8 – Estimativa de balanço de sedimentos na Bacia do rio do Atalho, PR..... 116

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Velocidade terminal de gotas de chuva de vários diâmetros..... 34

TABELA 2 – Uso do solo na da Bacia do Rio do Atalho, PR..... 53

TABELA 3 – Classes de capacidade de uso da terra para da Bacia do Rio do Atalho, PR..... 84

TABELA 4 – Classes de capacidade de uso da terra para propriedade rural representativa da Bacia do Rio do Atalho, PR..... 89

TABELA 5 – Escala internacional de classificação das frações granulométricas do solo..... 92

TABELA 6 – Média final de remoção do solo em kg/m²/ano nas parcelas com agricultura de milho..... 99

TABELA 7 – Média final de remoção do solo em kg/m²/ano nas parcelas em pastagem..... 104

TABELA 8 – Média final de remoção do solo em kg/m²/ano nas parcelas com erva mate..... 107

TABELA 9 – Média final de remoção do solo em kg/m²/ano nas parcelas em área de quintal..... 109

TABELA 10 – Média final de remoção do solo em kg/m²/ano para as parcelas das estradas..... 112

TABELA 11 – Média de perda de solo para os perfis dos trechos das estradas em kg/m²/ano..... 113

TABELA 12 – Média de perda de solo para os barrancos dos trechos das estradas em kg/m²/ano..... 114

LISTA DE SIGLAS

cm	Centímetro
cm^3	Centímetro Cúbico
EMATER	Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
ha	Hectare
g	Grama
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITCG	Instituto de Terras, Cartografia e Geociências
kg	Quilograma
km	Quilômetro
m	Metro
m^2	Metro Quadrado
PIB	Produto Interno Bruto
PNMH	Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas

RESUMO

O presente estudo buscou avaliar a contribuição das diferentes fontes produtoras de sedimentos em uma propriedade representativa na Bacia do Rio do Atalho em Cruz Machado no Paraná. Através de levantamento utilitário do meio físico na bacia, foi proposto um mapa de capacidade de uso da terra para a bacia e um em específico para a propriedade representativa. Esta propriedade possui um sistema de agricultura familiar com baixo nível tecnológico, com uso de ferramentas rudimentares (foice, enxada e o uso de animais para cultivar o solo). O relevo é caracterizado pela constante presença de blocos e matacões de rochas ígneas, além das declividades acentuadas das vertentes, características que predominam em outras propriedades da bacia e região. Para mensuração da erosão foram instaladas parcelas com pinos de erosão em áreas de lavoura com milho, erva-mate, pastagem, quintal e 4 trechos de estradas rurais internas da propriedade, além de 2 trechos de estrada (pavimentadas com cascalho), fora da propriedade, um na estrada geral da bacia e outro que liga a casa de um agricultor à estrada geral. Com o monitoramento das parcelas e trechos de estradas durante um ano, verificaram-se os níveis de remoção de solo em cada pino ou mediada de perfil de estrada. Os resultados indicaram a remoção acima dos níveis de tolerância para as características do solo, principalmente nas estradas e áreas de cultivo. Os mapas de capacidade de uso da terra da bacia e da propriedade representativa apontam que mais da metade das áreas, não apresentam aptidão para agricultura e devem ser usadas para culturas permanentes ou preservação da flora e fauna.

Palavras-chave: Mensuração de erosão. Pino de erosão. Levantamento utilitário do meio físico. Capacidade de uso da terra. Propriedade representativa.

ABSTRACT

This study sought to evaluate the contribution of different sources producing in sediment on a representative property in river basin of the shortcut, Cruz Machado, PR, and through utility survey of the physical environment in the basin was proposed map a capacity of land use to basin and a in specific for property in representative. The property has a representative system of family farms with low technological level and with the use of rudimentary tools (sickle, hoe use and animals to till the soil), relief is characterized by the constant presence of blocks and boulders of igneous rocks, beyond the steep slopes of the slopes, features that predominate in other properties of the basin and the region as a whole. To measure the erosion were installed plots with erosion pins in a crop of corn, mate, pasture, an area near the house and four snippets of rural roads inside the property, and two stretches of road outside a property on the road general of the basin and the other with access from the house of a farmer in general road, these two have paved with gravel. With the monitoring of parcels and profiles of roads for a year, there were levels of soil removal at each pin or mediated profile road. The results indicate the removal of soil above the tolerance levels for soil characteristics, especially on roads and crop areas. The maps of land use capacity of the basin and representative of the property indicate that more than half of the areas have no aptitude for agriculture and should be used for permanent crops or preserving the flora and fauna.

Keywords: Measurement of erosion. Pin of erosion. Survey utility of through physical. Ability to use the land. Property representative.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO..... 16

OBJETIVOS..... 20
OBJETIVO GERAL..... 20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 20

CAPÍTULO 1 – DEGRADAÇÃO DO SOLO POR PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS..... 21
1.1 O SOLO..... 22
1.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADES DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA..... 25
1.2.1 Vertente como componente das bacias hidrográficas..... 28
1.3 EROSÃO DO SOLO..... 30
1.3.1 A chuva como principal agente erosivo em ambiente subtropical..... 33
1.3.2 Erosão em áreas de uso agropecuário..... 35
1.3.3 Erosão em estradas rurais..... 42
1.4 O IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DA DEGRADAÇÃO DO SOLO..... 45
1.5 MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO..... 47

CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... 51
2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA DO RIO DO ATALHO, PR..... 51
2.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DA BACIA DO RIO DO ATALHO, PR..... 58
2.3 COLONIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA NA BACIA DO RIO DO ATALHO, PR..... 59
2.4 CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE REPRESENTATIVA..... 63

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA..... 68
3.1 LEVANTAMENTO CARTOGRÁFICO..... 68
3.2 MAPA DE CAPACIDADE DE USO DA TERRA..... 69
3.3 MENSURAÇÃO DE EROSÃO..... 72

3.3.1 Pino de erosão nos diferentes usos do solo 73
3.4 MENSURAÇÃO DE EROSÃO EM ESTRADAS RURAIS..... 74
3.4.1 Pino de erosão em barrancos de estradas..... 76
3.4.2 Mensuração de erosão em estradas através do perfil topográfico..... 77
3.5 ESTIMATIVAS DE REMOÇÃO DE SOLO..... 78
3.6 ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO..... 80
3.7 MONITORAMENTO DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS..... 80

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 82
4.1 CAPACIDADE DE USO DA TERRA NA BACIA DO RIO DO ATALHO, PR..... 82
4.1.1 Capacidade de uso da terra na propriedade rural representativa..... 86
4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO..... 90
4.3 PERDA DE SOLO EM ÁREA DE AGRICULTURA..... 94
4.4 PERDA DE SOLO EM ÁREA DE PASTAGEM..... 101
4.5 PERDA DE SOLO EM ÁREA DE ERVA MATE..... 105
4.6 PERDA DE SOLO EM ÁREA DE QUINTAL..... 107
4.7 PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM CARREADOR E ESTRADA..... 110
4.8 INTEGRAÇÃO DAS ÁREAS FONTES DE SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO DO ATALHO, PR..... 115
4.9 SÍNTESE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 119

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 121

REFERÊNCIAS..... 124

ANEXO..... 134
ANEXO A - Questionário de campo..... 135

INTRODUÇÃO

A humanidade, ao longo de sua história, sempre manteve um conjunto de conexões com a natureza. As relações entre homem e o meio foram deixando, no decorrer dos séculos, significativas mudanças e interferências nos principais recursos disponibilizados pela natureza, tais como: solo, água, florestas, etc.. O homem, visando à busca do bem imediato, passou a degradar o espaço natural que o cerca. Essas relações foram perdendo o sentido de integridade (DREW, 1989). Muitas pessoas sabem que seus alimentos vêm de grandes marcas que dominam o mercado produtivo, mas se esquecem de que toda base produtiva está ancorada nos recursos oriundos da natureza.

Um bom exemplo, mencionado por Primavesi (2002), mostra que mesmo com todo desenvolvimento tecnológico atual, é ainda através do solo que os vegetais absorvem os minerais para suprir todas as necessidades da fisiologia do corpo humano. Com a morte e decomposição da matéria orgânica, esses minerais voltam novamente ao solo para serem incorporados por novos ciclos de vida. O solo é a fonte da vida. Até mesmo as pessoas que vivem longe do campo necessitam de alimentos extraídos do solo e rico em minerais para sobreviverem.

Solos manejados de forma inadequada com revolvimento total por máquinas pesadas sofrem os efeitos da compactação e alteração da bioestrutura, repercutindo na capacidade produtiva. Os manejos do solo são influenciados pelas tendências do mercado, que ajudam a dinamizar as paisagens agrícolas. O solo, por ser componente principal, sente os efeitos diretos dessas transformações causadas pelas diferentes formas de uso do relevo.

Segundo Casseti (1995, p. 34), o “relevo, componente desse estrato geográfico no qual vive o homem, constitui-se em suporte das interações naturais e sociais.” Já Ross destaca que: “O relevo terrestre é parte importante do palco onde o homem, como ser social, pratica o teatro da vida” (ROSS, 2003, p.10). E com as diferentes apropriações do relevo pela agricultura e pecuária, o homem ajudou a acelerar os processos erosivos degradando grandes áreas de terras produtivas.

É bem verdade que as tentativas de controlar a erosão remontam o período do próprio surgimento da agricultura na superfície da Terra. As mudanças habituais do homem nômade para sedentário aumentaram a intensificação do uso do solo

para produção de alimentos, o que levou ao desmatamento das florestas, deixando o solo exposto aos processos erosivos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Esses processos erosivos sempre estiveram presentes no relevo, atuando na escultura e caracterização das paisagens. Os processos exógenos são modeladores das formas produzidas pelos processos endógenos. São nesses jogos de forças que foram transformadas as grandes paisagens naturais do planeta (ROSS, 2003).

No Brasil, a água da chuva é o principal agente erosivo nas áreas utilizadas para práticas agropecuárias. A remoção dos agregados do solo acontece em etapas, com o impacto direto das gotas de água que desagregam partículas. O escoamento das águas transporta o material desagregado que se acumula, fazendo com que, o agente erosivo perca sua energia de transporte (CHRISTOFOLETTI, 1980). O transporte constante dos agregados superficiais degrada, em poucos anos, uma porção de solo que a natureza levou um longo período para formar, restando à camada compactada, a ausência dos minerais necessários para a nutrição das plantas (GUERRA et al., 2005).

Os investimentos financeiros que o agricultor faz na compra de insumos químicos para melhorar a produtividade das safras agrícolas, acabam aumentando os impactos ambientais, exaurindo a fertilidade dos solos, assoreando leitos de rios, contaminando a água potável com produtos agrotóxicos e destruindo os ecossistemas com a perda da biodiversidade, rompendo com o equilíbrio ecológico (LOMBARDI; BERTONI NETO, 1999). Fullen e Catt (2004) acrescentam que, se o ritmo da degradação dos solos ocupados pela agropecuária não diminuir, a tendência no futuro é de faltar alimentos para a crescente população do planeta.

Na região Centro Sul do Estado do Paraná, as áreas de ocupação agropecuária são caracterizadas por sistemas de agricultura familiar, ocupando setores do relevo com predisposição aos impactos ambientais como, declividade acentuada, solos rasos e abundância de cursos hídricos (MINELLA et al., 2007).

Para Muzilli et al. (1999), a falta de planos que estimulem o uso de técnicas adequadas de cultivo no sistema de agricultura familiar, podem agravar a situação da degradação das terras de baixa aptidão. Nesses sistemas, ainda prevalecem o uso do fogo para consumir os restos culturais e o revolvimento excessivo do solo, mesmo que com equipamentos de tração animal. Nessa esteira, Mendonça, Lombardi Neto e Viegas (2006), asseguram que o aumento das áreas ocupadas

com práticas agropecuárias desconsiderando os limites de capacidade de uso da terra torna-se atividades que geram destruição do solo.

Por tais razões, foi desenvolvido um estudo de caso na Bacia do Rio do Atalho, no município de Cruz Machado no Estado do Paraná, com o objetivo de avaliar a produção de sedimentos nos diferentes usos da terra em uma propriedade rural representativa, além de 6 trechos de estradas: 4 dentro da referida propriedade e 2 ao longo da bacia. A proposta final do trabalho é a de um mapa de capacidade de uso da terra para a bacia e um, em específico, para a propriedade representativa.

O sistema agrícola da bacia, de acordo com Diniz (1986), e Andrade (1998), apresenta técnicas de médio potencial tecnológico (tratores, pequenas colhedeiras, adubos e defensivos agrícolas), além do uso frequente de técnicas rudimentares: foice, enxada e animais como força de trabalho (cavalo, boi, muares), para o cultivo do solo.

Neste estudo de caso da Bacia do Rio do Atalho, as vertentes são as unidades de relevo predominantes nas áreas ocupadas por práticas agropecuárias. Elas influenciam na dinâmica dos fluxos de enxurradas devido à interferência nos índices de infiltração da água, contribuindo para o aumento dos processos erosivos.

Goudie (1995) elucida que o total de sedimentos transportados numa vertente pela erosão resulta de processos geomorfológicos, sendo destacados: os eventos chuvosos, seu tempo de duração e intensidade, o escoamento difuso e concentrado da água na superfície, características do solo, declividade, proteção vegetal e tipo de uso do solo.

Segundo Minella et al. (2009) em mensurações feitas para identificar áreas fontes de sedimentos em uma sub-bacia hidrográfica rural no Sul do Brasil, ficou constatado que as principais fontes de sedimentos foram as lavouras e as estradas. As lavouras tiveram em média contribuição de 64%, e as estradas 36% do total de sedimentos produzidos entre ambas.

Em virtude dessas considerações, torna-se de fundamental importância, avaliar a magnitude dos processos erosivos nas diferentes formas de uso da terra, podendo identificar os efeitos ambientais e socioeconômicos que essas formas de ocupação causam, bem como prevenir impactos ambientais, indicando manejos adequados e recuperando áreas degradadas.

Para o monitoramento dos processos erosivos na propriedade estudada, foram instaladas parcelas com pinos de erosão em área de agricultura com cultivo

de milho (sem o uso de técnicas para controle da erosão), pastagem, plantio com erva-mate e quintal (com horta, pomar e jardim), além do monitoramento de seis trechos de estradas. Nesse intuito é que foi realizada a pesquisa na Bacia do Rio do Atalho e, em específico, com as experimentações na propriedade rural representativa da referida bacia.

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o uso atual do solo, as consequências desses usos quanto aos processos erosivos, tendo como proposta, um mapa de capacidade de uso do solo para a bacia em questão e, em específico, para a propriedade representativa. A metodologia desta pesquisa seguiu Lepsch et al. (1983), com o levantamento utilitário do meio físico e o ordenamento das classes com as especificações das aptidões de uso.

Segundo Fiorio, o “planejamento adequado da ocupação das terras é uma ferramenta básica para conservação e preservação do ambiente” (FIORIO et al., 1999, p. 1273). Registre-se ainda que: “A falta de conhecimento da aptidão de uso da terra e do planejamento adequado da sua utilização tem sido fato frequente ocasionando impactos negativos ao meio ambiente” (PEDRON et al., 2006, p. 105).

Este trabalho divide-se em quatro capítulos, onde no primeiro apresenta-se a fundamentação teórica da temática escolhida com respaldo em Primavesi (2002), Lepsch (2002), Guerra (2005) e Bertoni e Lombardi Neto (1999); no segundo, caracteriza-se a situação física e socioeconômica da bacia; no terceiro discorre-se sobre a metodologia utilizada para o estudo, e o último capítulo elenca os resultados e discussões do trabalho.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

- Identificar a capacidade de uso da terra na Bacia do Rio do Atalho por meio de mapa de capacidade de uso e mensuração de erosão.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mensurar processos erosivos em diferentes usos do solo em uma propriedade rural representativa na Bacia do Rio do Atalho, Cruz Machado – PR;
- Estimar produção de sedimentos em estradas rurais não pavimentadas e com “cascalho”;
- Fazer o levantamento utilitário do meio físico na bacia e na propriedade rural representativa, para proposta dos mapas de capacidade de uso da terra;

CAPITULO 1

DEGRADAÇÃO DO SOLO POR PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS

Sabe-se que vários impactos ambientais foram desencadeados por agricultores na superfície terrestre, devido a fazerem uso de práticas inadequadas no solo para determinadas características do meio natural utilizado. Alguns desses impactos foram motivados por falta de conhecimento dos efeitos negativos que determinados usos causam, outros, pela busca de melhores condições econômicas e sociais (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Há cerca de 10.000 anos o homem deixou de ser nômade, desenvolvendo a agricultura, na qual o solo tornou-se elemento essencial para a produção dos alimentos (LEPSCH, 2002). A crescente população foi aperfeiçoando as formas de utilizar o solo para garantir a disponibilidade de alimentos para todos. Em áreas rurais, os processos erosivos são influenciados pelas diferentes formas de uso e ocupação do solo, nesse sentido, deve ser enfatizada a agricultura e a pecuária, duas atividades produtivas que contribuíram para a evolução da humanidade, mas que, no decorrer do tempo, foram deixando as marcas de destruição e degradação ambiental.

De acordo com Gallardo (1998), entre os recursos naturais, o solo é um dos que tem maior expressão na superfície do planeta, sendo destacado por sua função de assegurar a produção de alimentos e as principais atividades econômicas que o homem desenvolveu. Ainda sobre o assunto, Raij destaca que: “Solos férteis permitiram o desenvolvimento de civilizações e a criação de riquezas em inúmeras regiões do mundo” (1991, p. 01). Como se observa, o solo tornou-se um dos primeiros elementos a sofrer a exaustão e, consequentemente, teve sua capacidade sustentadora comprometida pelos processos erosivos desencadeados por usos incorretos para determinadas características ambientais (MORETI et al., 2003).

Na atualidade, muito do que se produz serve para suprir as necessidades criadas pela sociedade, exigindo-se cada vez mais do solo. A mecanização agrícola e o uso de produtos agroquímicos propiciaram o aumento expressivo das safras,

mas, paradoxalmente, contribuíram significativamente para o aumento das áreas degradadas pela erosão acelerada.

1.1 O SOLO

Antes de tudo, importante se faz compreender o que se entende por solo. Para Vieira (1988, p. 09), o “solo nada mais é do que a resultante da ação conjunta dos agentes intempéricos sobre os restos minerais depositados e enriquecidos de detritos orgânicos”. Já Kavaleridze (1978, p. 09), destaca que o solo “é uma camada superficial do Globo Terrestre, no qual podem desenvolver-se as plantas, desde as mais primitivas, como as algas, os musgos e os liquens, até as mais desenvolvidas como as imensas árvores seculares”.

A formação do solo ocorre com o envolvimento de processos físicos, químicos e biológicos que atuam na desagregação e decomposição das rochas (VIEIRA, 1988). Com a influência dos processos intempéricos são formados as camadas de solo denominadas de horizontes. Segundo Popp (1998, p. 59): “Um solo maduro apresenta perfil onde podem ser identificados quatro horizontes que são designados por A, B, C e D, a partir da superfície do terreno.” Já Kiehl (1979, p. 32), ressalta que: “Os horizontes O, A, B e C quando relativamente espessos podem apresentar subdivisões [...]. Assim, por exemplo, o horizonte A, pode apresentar os sub-horizontes A1, A2, A3”. Essa caracterização da evolução dos perfis do solo pode ser observada na figura 1.

Os horizontes formados constituem camadas de solo rico em minerais para as plantas absorverem. Lepsch menciona que:

> As plantas, além de consumirem água, oxigênio e gás carbônico, retiram do solo quinze elementos essenciais à vida. Desses, seis são absorvidos em quantidade relativamente grandes, designados macro nutrientes, compreendendo: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Outros nove, igualmente essenciais, mais usados em quantidades muitos pequenas, são denominados micro nutrientes. Eles são: boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel, cobalto e zinco (LEPSCH, 2002, p. 10).

Primavesi (2002) considera que o solo para ser produtivo além de possuir os minerais para as plantas absorverem, deve manter uma boa bioestrutura. “A

produtividade do solo depende não somente de suficientes nutrientes, mas igualmente de um sistema poroso adequado na ‘camada arável’ do solo” (PRIMAVESI, 2002, p. 221). Essas características influenciam no armazenamento de água e no desenvolvimento radicular das plantas.

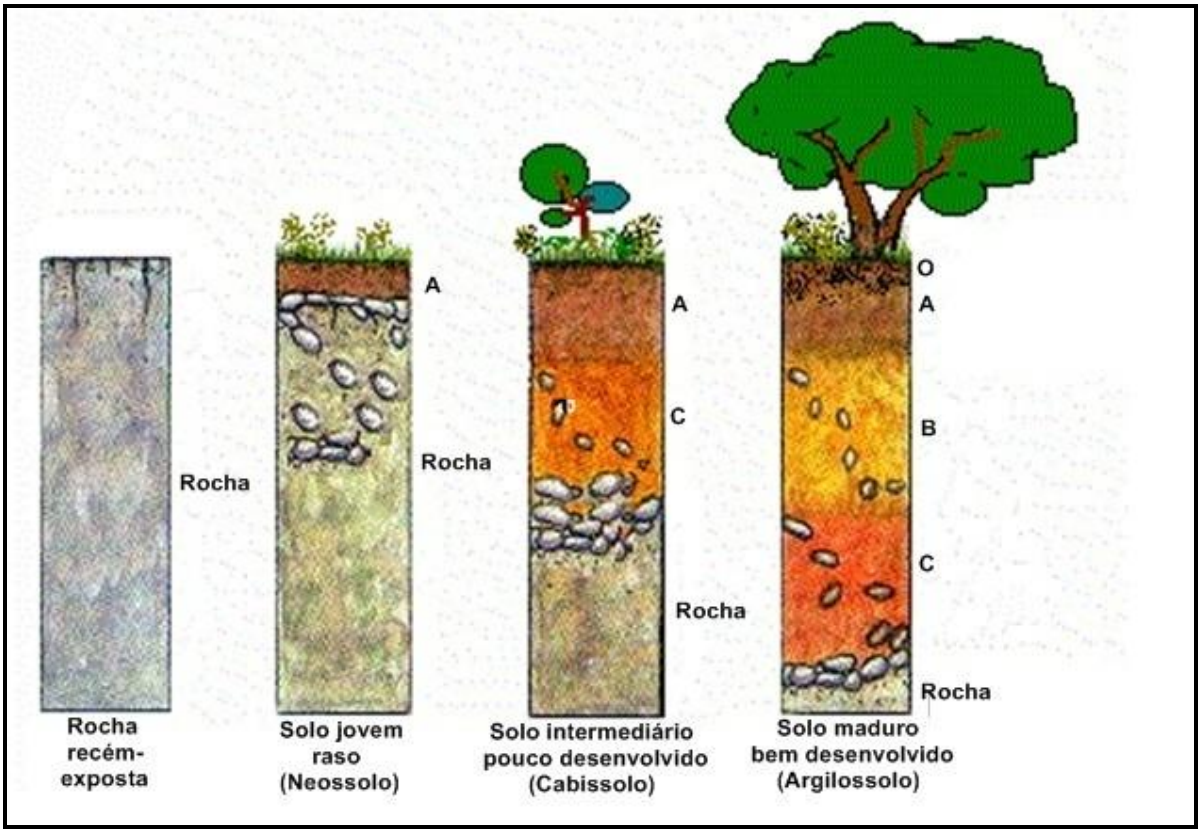


FIGURA 1 – Esquema do desenvolvimento dos horizontes do solo.
Fonte: Características dos perfis obtidas de Lepsch (2002); Imagem retirada de Rocha..., (2011).

O solo degradado é aquele que teve sua natureza transformada com mudanças físicas, químicas ou biológicas, decorrentes de oscilações do clima ou influenciadas por ações antrópicas, implicando na diminuição da capacidade produtiva (LAL; STEWART, 1992). Segundo Hudson (1961), a degradação do solo ocorre quando a erosão causa a perda da capacidade do mesmo produzir culturas vegetais.

Segundo a FAO (1998 apud LEPSCH, 2002), somente 11% dos solos no planeta não apresentam nenhuma limitação para agricultura, 22% têm as camadas pouco espessas, 23% têm a fertilidade muito baixa, 28% são muito arenosos, 10%

são muito úmidos e 6% estão com a superfície congelada. Além disso, a desertificação é outro problema que vem degradando grandes áreas manejadas inadequadamente. No ano de 2000, a desertificação atingiu a marca de 61,3 milhões de quilômetros quadrados em todo o planeta.

Mesmo com os avanços técnico-científicos que o setor agropecuário passou ao longo do tempo, a erosão continua a ser um problema que cada vez mais ganhou destaque nos meios de pesquisa. Exemplos desses avanços são: máquinas totalmente informatizadas, sementes adaptadas às condições climáticas, adubação para multiplicar a produção, melhores condições de armazenamento.

A erosão acelerada arruinou milhões de hectares de terras que até então, possuíam boa produtividade, tornando-se impróprias para a produção agropecuária (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). A perda constante de solo deve-se principalmente aos métodos de cultivo intensivos sem os devidos cuidados. “Em síntese, para que o fertilizante seja eficiente, é preciso haver solo para ser fertilizado, e a consequência final irremediável da erosão é a extinção de todo solo arável, do *top-soil*, ficando apenas a rocha estéril” (CASTRO, 2008, p. 105).

As diferenças de clima, relevo e espessura do solo, requerem diferentes práticas de manejo. Primavesi (2002) cita o caso dos países europeus que melhoraram a produtividade de seus solos com o revolvimento das terras, possibilitando aquecer e secar o solo gelado. Como resultado, as sementes obtiveram uma melhor germinação e maior produtividade. Esse mesmo método de cultivo quando incorporado nos países tropicais, acelerou os processos de degradação. Há registros na Índia de que em 3 anos o sistema de revolvimento total do solo destruiu terras que há 3.000 anos estavam nutrindo o povo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Ainda sobre o assunto, Vieira (1988) diz que a natureza pode levar mais de 100 anos para formar um centímetro de solo com a ação dos processos físicos, químicos e biológicos, denominados de intemperismo. Esses processos atuam na desagregação e decomposição das rochas e materiais orgânicos, formando camadas de terra com a presença de minerais e matéria orgânica. Já a destruição dessa camada, que a natureza levou milhares de anos para formar, pode ocorrer em poucos anos com cultivos inadequados, restando à camada compactada a ausência dos minerais necessários para a nutrição das plantas.

No Brasil:

> As tarefas rotineiras de exploração inadequada das terras, que concorrem para acelerar a degradação dos solos brasileiros são, destacadamente: o revolvimento com arado (ou aradura), o plantio e cultivo no sentido 'morro abaixo', as queimadas intensas e o pisoteio excessivo do gado em pastagens (LEPSCH, 2002, p. 151).

Para entender e relacionar os processos erosivos com as diferentes formas de uso e ocupação do solo é necessário estabelecer áreas de mensuração para o diagnóstico dos processos no tempo e no espaço. Desta forma, as bacias hidrográficas tornam-se pontos ideais para conhecer estas inter-relações. Segundo Hudson (1982), a melhor gestão das terras é aquela em que o solo tem o uso mais produtivo e intensivo para as características do ambiente sem que haja degradação.

1.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADES DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

É condição fundamental evidenciar e compreender o que seja uma bacia hidrográfica. Botelho entende "como bacia hidrográfica ou bacia de drenagem a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada pelos seus divisores de água" (BOTELHO et al., 1999, p. 269). Para Coelho Neto et al. (1998, p. 97-98), "a bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial".

Segundo Rocha (1991), a bacia hidrográfica representa uma unidade física natural que drena as águas da chuva por sulcos, canais e tributários, para um curso principal. Com isso, torna-se possível o monitoramento da evolução dos processos erosivos nesses locais de menor dimensão, associando os mesmos às características do relevo, cobertura vegetal, clima e usos agropecuários.

Bacias hidrográficas são destacadas como unidades fisiográficas complexas, com um delineamento topográfico, drenada por um sistema de cursos de água. Movem sedimentos e materiais dissolvidos através de diferentes processos e usos do solo, ou seja, as bacias hidrográficas representam sistemas abertos com entrada e saída de energia (CUNHA; GUERRA, et al., 1996).

Collares (2000) destaca as bacias hidrográficas como unidades fundamentais para gestão e planejamento ambiental tanto em áreas rurais quanto urbanas. Para Guerra e Cunha (1996), elas funcionam como unidades de conexões dos elementos naturais e sociais. Com base em dados das características do relevo, clima e aspectos socioambientais da área, há a possibilidade de monitoramento da qualidade da água, implantação de projetos de conservação do solo e disciplina do uso da terra.

Bressan (1996) menciona que os projetos em bacias hidrográficas possibilitam o estudo aprofundado de um recorte espacial, caracterizado pela dinâmica dos elementos naturais e pelas influências de diferentes usos do solo. Essa caracterização torna-se guia para programas de manejo do solo e conservação dos recursos naturais.

Os estudos em bacias hidrográficas ganharam maior dimensão nas avaliações após a publicação do artigo de Horton em 1945. Horton estabeleceu fundamentos de escoamento superficial, retomou o uso dos processos e propôs um referencial para o destacamento quantitativo da morfometria de superfície, relacionando as formas aos processos, estando estes, intimamente ligados aos canais de drenagem (GREGORY, 1992).

Os primeiros projetos ambientais, que utilizaram bacias hidrográficas como unidades de referência para o planejamento, aconteceram nos Estados Unidos em 1933. Em seguida, foram utilizadas no Reino Unido, França, Nigéria, e em outros países (ZINCK, 1996).

No Brasil, conforme expõe Oliveira et al. (1999), os primeiros trabalhos que usaram a bacia hidrográfica como área de avaliação foram realizados na década de 80. Até então, para demarcar a área de estudo, se utilizava os distritos e municípios com delimitações baseadas em critérios político-administrativos. O uso de bacias em projetos de pesquisa apresenta unidades delimitadas em critérios geomorfológicos, apresentando íntima relação entre clima, vegetação, características do relevo e atributos de drenagem.

Desta forma, pode-se analisar a ação antrópica com a retirada da cobertura vegetal, a implantação da agricultura e da pecuária, mais o corte das vertentes com a incisão das estradas, que alteram a dinâmica desses processos. Tanto a circulação da água quanto dos sedimentos ganha novos fluxos de energia, podendo aumentar ou diminuir os processos erosivos. As bacias hidrográficas tornam-se

unidades fundamentais para avaliar as ações e os processos resultantes das ações que o homem desempenha nas práticas produtivas.

As áreas situadas à montante das bacias hidrográficas ou sub-bacias são também denominadas de cabeceira de vale ou cabeceira de drenagem (DIETRICH; DUNNE, 1993). Já Oliveira et al. (1999), destaca as cabeceiras de vale ou locais como canais não incisos, com grande suscetibilidade aos desequilíbrios ambientais. São locais que se conectam as redes fluviais, dispersando os excedentes das águas da chuva dos lençóis subterrâneos e constituindo fontes de sedimentos.

Botelho atribui atenção especial à escala de análise, “a fim de facilitar a execução das várias etapas de trabalho, é possível desenvolver projetos de planejamento em bacias hidrográficas de tamanho menor, as quais são chamadas microbacias hidrográficas” (BOTELHO et al., 1999, p. 272).

Embora não exista um conceito e um consenso definidos para microbacia, entende-se que são áreas com menor dimensão, sendo drenadas por um curso de água principal com a conexão de afluentes. A concepção de microbacia ganha ênfase a partir da criação do Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas (PNMH), com o decreto da Lei n° 94.076, de 05 de março de 1987 (BRASIL, 1987). Mas os termos utilizados para definição, não diferem dos utilizados para as bacias hidrográficas.

Bertoni e Lombardi (1999) consideram microbacias áreas com tamanho entre 1000 e 5000 hectares, sendo ideais para implantação de um projeto conservacionista. São dimensões nas quais, torna-se possível analisar tanto elementos naturais quanto socioeconômicos em curto prazo, compatibilizando custo/benefício a fim de estabelecer as inter-relações socioambientais.

Para instituir uma microbacia hidrográfica como área de pesquisa em usos agropecuários, é essencial que a mesma apresente grande número de agricultores familiares, com boa produção de alimentos básicos, e que possuam algum tipo de problema ambiental como, por exemplo, a erosão acelerada do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Nesse sentido, para caracterização é necessário fazer uma identificação detalhada das particularidades físicas, sociais e econômicas, e o que é e de que forma é produzido, estabelecendo assim, um diagnóstico dos problemas que ocorrem no local.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto:

> As atividades desenvolvidas na microbacia, bem como a introdução e a implantação de novas tecnologias deverão alterar a produção e a produtividade das culturas, as propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo e, também, a quantidade e a qualidade da água (1999, p. 342).

Desta maneira, as áreas delimitadas em bacias hidrográficas apresentam conexões das vertentes com os interflúvios e com os fundos de vale. As vertentes entram como unidades principais na contextualização dos processos atuantes na superfície terrestre, tendo participação fundamental no balanço de sedimentos das bacias.

1.2.1 Vertente como componente das bacias hidrográficas

Entende-se por vertente, uma “forma tridimensional que foi modelada pelos processos de denudação, atuantes no presente ou no passado, e representando a conexão dinâmica entre o interflúvio e o fundo de vale” (DYLIK apud CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 26). Ou ainda:

> Vertentes: também denominadas encostas, são superfícies inclinadas que formam a conexão dinâmica entre a linha divisória de águas e o fundo do vale (talvegue). As vertentes são elementos básicos do relevo no estudo dos processos de erosão e acumulação, pois, com exceção das planícies e dos terraços, elas ocupam a maior parte da superfície da terra (FLORENZANO, 2008, P. 16).

As vertentes formam categorias do relevo com grande representação territorial, paralelamente a isso, se tornam áreas de grande uso por atividades produtivas, principalmente pelo setor agropecuário. “O estudo das vertentes encontra-se atualmente, no centro das preocupações geomorfológicas; assim como as pesquisas de aplainamento estiveram entre as duas guerras mundiais” (CASSETI, 1995, p. 55). Formadas por processos morfogenéticos e morfodinâmicos dentro de escalas têmporo-espaciais, as vertentes são componentes essenciais para a perenidade dos rios, abastecimento dos lençóis freáticos e para a dinâmica dos processos erosivos.

Para Casseti (1995), vertentes com comprimento e largura retilíneos propiciam a ação dos fluxos laminares; com largura convexa, tende a dissipar os

fluxos; com largura côncava, aumenta a convergência dos fluxos concentrando a água; já em vertentes com comprimento e larguras côncavas, a tendência é a atuação de processos complexos podendo formar canais de primeira ordem.

Christofoletti (1980) atribui função dominante na esculturação das vertentes, ou seja, a morfogênese pluvial. Com relação aos processos nas vertentes, Casseti (1995) menciona as influências das modificações que o homem faz quando se apropria dessas para implantar atividades produtivas. Já Thomaz (2008) ressalta a importância de identificar as unidades geomorfopedológicas que caracterizam as vertentes. Dessa forma, “declividade, descrição do material, profundidade, granulometria, pedregosidade, capacidade de suporte, densidade global, porosidade total, fertilidade e umidade” (THOMAZ, 2008, p. 71), contribuem de forma diferenciada na desagregação e movimentação do solo.

Sabendo que no interflúvio não ocorre a presença de fluxos e os processos atuantes são resultantes do impacto das gotas de chuva, Horton contribui destacando que nos locais de média vertente, a acumulação da água supera a capacidade de infiltração, acontecendo os fluxos laminares e, na área próximo ao fundo de vale, com o aumento da concentração da água, ocorre a erosão em sulcos e ravinas (MAFRA et al., 1999).

Esses processos são influenciados pela ação antrópica como a retirada da cobertura vegetal, inserção de novos métodos, cultivo do solo e aberturas de estradas, que alteram a dinâmica das vertentes, aumentando a concentração dos fluxos de enxurradas que movimentam sedimentos e diminuem o abastecimento do lençol freático. Essas ações começam a interferir de forma mais significativa nas características da paisagem que ganha dimensão no relevo com a ocupação das habitações, campos de cultivos e pastagens. Para Ross:

> Nesse panorama enormemente diversificado de ambientes naturais, o homem, como ser social, interfere criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos com a implantação de cidades, estradas, atividades agrícolas, instalação de barragens, retificações de canais fluviais, entre inúmeras outras (ROSS, 2003, p.12).

Os diferentes elementos e segmentos das vertentes interferem diretamente na produtividade das áreas ocupadas, tanto pela agricultura como pelas pastagens. A umidade e o dissecamento do relevo são influenciados por essas diferentes características das vertentes. O acúmulo das precipitações pluviométricas ou

períodos de estiagens podem trazer repercussões maiores para agricultura em porções das vertentes demasiadamente úmidas ou dissecadas, “a dinâmica da vertente deve ser considerada quando de sua ocupação para fins agropecuários, visto que cada setor apresenta aptidão distinta” (THOMAZ, 2008, p. 84).

As características das vertentes vão se processando com a ação dos agentes exógenos, que esculpem e modelam o relevo. Merecem destaque, os processos erosivos desencadeados pela água dos eventos chuvosos. Já a interferência do homem com a ocupação e transformação do relevo, tem contribuído para o aumento da movimentação de materiais dentro de uma escala têmporo-espacial menor do que acontece de forma natural.

1.3 EROSÃO DO SOLO

Os processos erosivos sempre estiveram presentes no relevo, atuando na esculturação e na caracterização das paisagens, com a remoção, transporte e deposição de materiais, sendo a água e o vento, os principais agentes removedores e transportadores de sedimentos.

Segundo Castro (1956), os processos erosivos são desencadeados por forças ativas e passivas. As forças ativas estão relacionadas aos eventos chuvosos, a declividade, o comprimento das vertentes e a capacidade de infiltração da água no solo. As forças passivas dizem respeito à proteção do solo contra os processos erosivos pela água como, por exemplo, a cobertura vegetal.

A erosão pode ser definida como a remoção e o transporte de materiais meteorizados (FLORENZANO, 2008). Destacada no Brasil, a erosão pluvial resulta do impacto e escoamento das águas da chuva, que dão início ao ciclo de desagregação e produção de sedimentos. Tricart (1977) explica que em ambientes de bioestasia, a vegetação intercepta parte das gotas da chuva, que chegam com atraso ao solo. Já em ambientes de resistasia, o solo desprotegido da cobertura vegetal sofre o impacto direto das gotas de chuva e do escoamento de seus excedentes.

De início ocorre o salpico, ou seja, a remoção dos agregados por impacto das gotas que são deslocadas, tanto à jusante quanto a montante do local de

desagregação. À medida que a intensidade da chuva aumenta, formam-se as poças de água. Com o rompimento dessas poças, acontece o escoamento difuso, provocando a erosão laminar, podendo evoluir para sulcos e voçorocas, conforme o aumento da intensidade das precipitações pluviométricas, característica do relevo e estrutura do solo (CUNHA; GUERRA, et al., 1996).

Salomão et al. (1999) aponta que a erosão laminar se desenvolve em larga escala nas áreas ocupadas por atividades agrícolas, principalmente quando estas ocupam porções do relevo com declividades acentuadas sem proteção da cobertura vegetal. Convém ponderar que o "primeiro impacto erosivo dos solos é propiciado pela ação mecânica das gotas, que promovem o arrancamento e posteriormente o deslocamento das partículas terrosas" (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 29). Registre-se ainda a participação da energia cinética, tanto no impacto das gotas da chuva como no escoamento superficial das enxurradas:

> Em ambos os casos é uma intensa forma de energia que desagrega e arrasta o solo, que é a energia cinética ou energia do movimento e sabe-se que é proporcional ao peso (ou massa) do que está se movendo (água e/ ou partículas do solo) e ao quadrado de sua velocidade (LEPSCH, 2002, p. 154).

Desta forma, a precipitação pluviométrica age em dois momentos: na produção e transporte de sedimentos. O primeiro é com o impacto das gotas de chuva que movimentam as partículas mais finas e, o segundo, com o escoamento de fluxos difusos e concentrados que vão removendo e transportando materiais. Todos esses processos têm o aumento da intensidade com maior declividade do relevo e a intensificação dos índices pluviométricos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para Guerra et al. (1999), as crostas se formam com o deslocamento das partículas ao longo das encostas, impermeabilizando a camada superficial do solo. A diminuição das taxas de infiltração da água provoca o aumento dos fluxos de escoamentos, resultando nas enxurradas com grande potencial de remoção e transporte de materiais.

Os materiais desagregados são transportados para as partes mais baixas do relevo e, quando abrangem áreas de cultivo, removem camadas férteis do solo, assim como a adubação feita para o plantio das safras. Nessa esteira, Bertoni e Lombardi Neto (1999) contribuem citando que em terras cultivadas, os processos

erosivos removem grande porcentagem do fósforo absorvido pelas pequenas partículas do solo e do nitrogênio solúvel pela água.

As áreas do relevo desprotegidas de cobertura vegetal são susceptíveis ao impacto das gotas da chuva que desagregam e movimentam as partículas do solo, representando o início da movimentação da camada superficial do terreno (LEPSCH, 2002). Essa movimentação do solo é o processo erosivo que mais transforma a superfície terrestre e, muitas vezes, não é percebido por não apresentar mudanças imediatas na paisagem.

De acordo com Sorrenson e Montoya (1984), as marcas do desgaste dos solos devido à erosão laminar, foram amenizadas com a intensificação do uso de adubos químicos.

Em consonância com Guerra et al. (2005), alguns fatores controladores devem ser levados em consideração na avaliação dos processos erosivos, tais como: a erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal, características das encostas e as influências da ação antrópica. Morgan (1986) salienta ainda ser de fundamental importância a identificação desses fatores, relacionando-os com os processos erosivos, ou seja, deve-se compreender como, onde e porque ocorre a erosão.

A ação antrópica sobre o meio ambiente tem contribuído de forma substancial para acelerar os processos erosivos, resultando em perdas de terras férteis, contaminação da água, assoreamento dos cursos de córregos, rios e reservatórios, a destruição dos ecossistemas terrestres e aquáticos, além dos problemas sociais e econômicos que podem ser relacionados à degradação do solo.

O homem, com a ocupação e o uso do solo para práticas produtivas, acelerou os principais agentes erosivos. De início, pode-se destacar a retirada da cobertura vegetal, associada a manejos inadequadas para determinados níveis de declividade, o uso excessivo de adubos e defensivos agrícolas, grande ocupação bovina em pastagens, além das mudanças no “ritmo das relações entre as plantas e o solo” (CHRISTOFOLETTI et al., 2005, p. 420), deixando para trás os lastros de terras degradadas.

Posta assim a questão, é de se dizer que a erosão aumenta com a retirada da cobertura vegetal e a concentração dos fluxos de água, que resultam, principalmente, do uso e manejo do solo inadequado nas áreas agrícolas, trilhas de

gado, estradas vicinais (concentração das águas nas linhas de drenagem), e interrupção de coletores em estradas.

1.3.1 A chuva como principal agente erosivo em ambiente subtropical

Tenha-se presente que os dois principais agentes erosivos são a água e o vento, que esculpem as formas do relevo, caracterizando e diversificando as paisagens. Desconsiderando o vento, os processos erosivos têm a água (com origem na chuva), como principal agente transportador de solo sobre o terreno (BERTONI; LOMBARDI, 1999). Devido à grande habilidade da água em causar erosão, a chuva torna-se um fenômeno com alto potencial de erosividade (HUDSON, 1961).

Seguindo nesta análise, Guerra (1991) aponta a relação do tempo e espaço na variação do tamanho das gotas. “Os parâmetros utilizados para investigar a erosividade são: o total de chuva, a intensidade, o momento e a energia cinética” (GUERRA, 2005, p.151).

Para Mafra et al. (1999), os processos erosivos pela ação da água se caracterizam por apresentarem trocas de energia e matéria, impulsionados por desequilíbrios do sistema água/solo/cobertura vegetal, que contribuem para remoção constante do solo.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto:

> A chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos. O volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência da chuva. A intensidade das precipitações é o fator pluviométrico mais importante para acelerar os processos erosivos (1999, p. 45).

Conforme os autores, ao relacionar os eventos chuvosos com os processos erosivos, os dados não podem ser somente mensais ou anuais. Deve ser identificada a quantidade e a intensidade da chuva durante certo período de tempo, como exemplo, pode-se citar uma chuva de 30 mm bem distribuída em 24 horas, que possui menos capacidade erosiva do que uma chuva de 30 mm em meia hora. É preciso ainda destacar a frequência dos eventos chuvosos. Chuvas com curto

espaço de tempo vão encharcar o solo, o que facilita o escoamento das enxurradas e, mesmo que os índices das precipitações não sejam muito elevados, os mesmos provocarão a erosão.

Ao mencionar a chuva como agente movedor dos processos erosivos, é necessário entender todo o seu funcionamento no desprendimento das partículas do solo. Ellison (1947) diz que as gotas de água durante um evento chuvoso podem mover as partículas cerca de 60 centímetros de altura e 1,5 metros de distância.

O desprendimento e a movimentação dos sedimentos acontecem com a participação da energia do processo, também chamada de energia cinética. O tamanho das gotas, o volume da enxurrada e a distância percorrida, são determinantes para o aumento desta energia. Bertoni e Lombardi Neto (1999) destacam que a velocidade aumenta conforme a dimensão das gotas e a distância do impacto (TABELA 1).

TABELA 1 – Velocidade terminal de gotas de chuva de vários diâmetros.

Diâmetro da gota de chuva.	Altura da queda com a qual a gota de água adquire 95% de sua velocidade terminal.	Velocidade terminal.
mm	m	m/s
1	2,2	4,0
2	5,0	6,5
3	7,2	8,1
4	7,8	8,8
5	7,6	9,1
6	7,2	9,3

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1999, p. 48).

Os autores evidenciam que as gotas de chuva aumentam a velocidade de acordo com seu tamanho, e atingem o valor máximo quando caem de uma altura de cerca de 8 metros. Com base nesses dados, torna-se possível relacionar o poder erosivo das gotas que caem das copas das árvores. Essas gotas aumentam seu diâmetro devido à união de várias outras e, caindo de certa altura, chegam ao ápice

da velocidade. Hudson (1982) apresentou um trabalho demonstrando que a energia cinética das gotas da chuva é 256 vezes mais intensa do que a da enxurrada que escoa na superfície.

O montante de material removido vai depender do volume total de água e a velocidade dos processos, estando estes relacionados com o tipo de evento chuvoso e com as características do relevo, no qual os processos ocorrem. Vale lembrar que as vertentes côncavas são concentradoras dos fluxos, predominando os processos em sulcos e ravinas. Já as vertentes convexas dissipam os fluxos, enquanto que as retilíneas têm predomínio nos processos laminares.

Com relação à erosão pluvial, Tricart (1977) destaca a relação entre intensidade da chuva e a estrutura física dos agregados do solo. Estes apresentam características do material e dos processos formadores, sofrendo alterações com as práticas de cultivo. Pode-se melhorar o solo com a adição de matéria orgânica tornando-o mais resistente aos processos erosivos ou comprometer sua estrutura com práticas agrícolas que aumentem a compactação, como exemplo, a utilização de máquinas pesadas em sistema de uso convencional do solo.

Convém enfatizar que as enxurradas transportam sedimentos, nutrientes e produtos agroquímicos, que são carregados até córregos e rios, contaminando a água e os seres vivos, além de causar prejuízos econômicos para o produtor com perda da produtividade da terra.

1.3.2 Erosão em áreas de uso agropecuário

Conforme elucida Lepsch (2002), a retirada da cobertura vegetal pela ação antrópica em locais de relevo com declividades acentuadas, deixa o solo exposto aos processos erosivos e, se os mesmos não forem controlados, a tendência é que haja incisões de maior profundidade no relevo (sulcos profundos ou voçorocas).

Tricart (1977) completa dizendo que a cobertura vegetal influencia no equilíbrio do ecossistema da seguinte forma: com processos de fotossíntese, absorção da radiação pelas plantas através da interceptação das gotas de chuva com o efeito da rugosidade, diminuindo assim, a velocidade do escoamento das enxurradas. Pinese Jr.; Cruz e Rodrigues (2008) destacam a importância da

cobertura vegetal em encostas com declividades acentuadas protegendo, desta forma, o solo da incidência direta das precipitações pluviométricas.

A remoção da vegetação para práticas agropecuárias deixa o solo vulnerável aos processos erosivos, com destaque para a remoção superficial devido à erosão laminar. No entanto, alguns pesquisadores mencionam as influências da cobertura vegetal no aumento da erosão, principalmente em lavouras cultivadas com plantas de folha larga. Morgan (1983) cita o exemplo de lavouras de couve-de-bruxelas na Inglaterra, onde a erosão do solo foi maior em áreas desse cultivo do que em solos totalmente desprotegidos de cobertura vegetal.

No Centro Sul do Estado do Paraná, pode ser destacado o cultivo do milho e fumo, com folhas que acumulam água. Quando esse volume de água cai no solo, supera a capacidade de infiltração, causando o escoamento difuso ou concentrado, desagregando sedimentos (THOMAZ; ANTONELI, 2010).

Considerando as formas de uso e ocupação do solo aliados às características topográficas e influências climáticas, requer-se uma avaliação dos locais e cultivos em que os processos erosivos atuam com maior intensidade, prevendo os melhores métodos de manejo e ocupação do relevo para amenizar a degradação das terras e fornecer boa produtividade.

A cobertura vegetal também deve ser adequada para determinado ambiente. O plantio direto sobre a palhada, por exemplo, além de diminuir a erosão, economiza dinheiro e tempo, podendo-se fazer o plantio com apenas uma passagem de máquinas. E quando decomposta, a palhada torna-se húmus para as plantas utilizarem no crescimento (LEPSCH, 2002).

Drew (1989) assegura que as práticas agrícolas deixam marcas no ambiente conforme a escala de empreendimento. A intensidade do uso dos recursos naturais, incluindo o solo, a vegetação e a água, marca essas diferenças no grau de exploração. Um bom exemplo pode ser relacionado à economia das sociedades que praticavam uma agricultura arcaica, quando a intensidade do uso dos recursos naturais era bem menor. Já a sociedade moderna, transformou e, num processo contínuo, degrada esses recursos em benefício socioeconômico.

Os processos erosivos ganham maior participação com as práticas de cultivo não adequadas para as características do relevo degradando, em poucos anos, os melhores solos para a realização das atividades agrícolas.

> A erosão foi um dos fatores mais importantes que causaram a queda das primeiras civilizações e impérios, cujas cidades arruinadas estão agora como despojos estéreis das terras mais férteis do mundo. Os desertos do Norte da China, Pérsia (Irã), Mesopotâmia e Norte da África, contam todos, a mesma história do gradual esgotamento do solo, à medida que as exigências crescentes, relativamente a ele, pela progressiva civilização, excediam seu poder recuperativo. A decadência do Império Romano também pode ser contada como uma história de desflorestamento, esgotamento do solo e erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999, p. 14).

Diante do exposto, aumenta-se a importância da compreensão dos mecanismos que aceleram os processos erosivos, principalmente em área cultivada, visto que o solo é a principal fonte da produção de alimentos para a população que já ultrapassa a cifra dos 6,5 bilhões de habitantes no planeta.

A agricultura é uma das atividades mais antigas que o homem desenvolveu na superfície da terra. Para Diniz, “é uma das atividades mais complexas da superfície terrestre, e o homem apesar de com ela conviver a milhares de anos, ainda não conseguiu controlá-la inteiramente” (1986, p.15).

Desde o início das atividades agrícolas, as marcas de degradação do solo e dos demais recursos naturais foram ganhando dimensão. Com isso, o homem foi entendendo que alguns métodos de cultivo tornavam-se mais prejudiciais ao solo e colocavam em risco a produtividade dos mesmos (LEPSCH, 2002). Portanto, diminuir a erosão do solo também já fazia parte dos pensamentos das primeiras civilizações agrícolas e, algumas dessas técnicas, foram aperfeiçoadas de acordo com as características naturais do ambiente.

Hudson (1982) e Lepsch (2002) apontam que a magnitude da erosão do solo não se restringe somente as suas características e as do ambiente em que está inserido, mas também, ao tipo de manejo que o mesmo recebe durante os preparos. Um hectare de solo pode ter em torno de 400 toneladas de terra removida durante um ano, quando o plantio for feito paralelamente às maiores declividades do relevo. Com a implantação de técnicas que amenizem a erosão, como por exemplo, o cultivo perpendicular às inclinações do relevo aliado ao plantio direto e a adubação verde, o mesmo hectare pode ter somente alguns quilogramas de terra removida durante o mesmo período.

Com base em Drew (1989), as atividades de uso e ocupação do solo aceleram os processos erosivos como, por exemplo, a movimentação de sedimentos nas encostas ocupadas por práticas agropecuárias. A quantidade de sedimentos que a natureza sozinha removeria ao longo de muito tempo, o homem o faz em

poucos anos com práticas agrícolas inadequadas, deixando a parte superficial descoberta, o que contribui para maior vulnerabilidade do solo aos agentes erosivos. Entretanto, se o mesmo local for cultivado com técnicas de adubação verde, o solo ficará coberto pela palhada, estando mais protegido contra o impacto e ao arraste causado pelas águas.

Bertoni e Lombardi Neto (1999) ressaltam que em práticas agrícolas o plantio de diferentes culturas proporciona variações nos índices de proteção do solo. Desta forma, o calendário agrícola disponibiliza períodos com maior proteção e cobertura vegetal, sendo estes, no meio do desenvolvimento da plantação. O período após o plantio e próximo à colheita oferece menor proteção, deixando o solo mais propenso a ser erodido.

Assim, a magnitude dos processos erosivos vai depender da quantidade e concentração dos eventos chuvosos nesses períodos de menor proteção vegetal oferecido por determinadas culturas. Wischemeier (1960) dividiu essas fases em cinco períodos:

1. Do preparo do solo ao plantio;
2. Após plantio até 30 dias;
3. Do fim do período 2 até 2 meses após o plantio;
4. 30 dias após o plantio até a colheita;
5. Após a colheita, tendo ou não a presença da palhada.

“A mecanização agrícola através de tecnologias inadequadas constituiu, sem dúvida, um dos principais agentes promotores da erosão e limitantes da produtividade do solo” (MUZILLI et al., 1999, p. 8). Os efeitos da degradação do solo ganham maior dimensão quando se implantam sistemas de cultivos mecanizados, sem técnicas de conservação do solo, deixando a terra bem revolvida para o plantio das safras. Esse processo geralmente é feito em duas operações: primeiro é efetuada a aração ou tombamento do solo, em seguida, passa-se a grade para desmanchar as estruturas e nivelar a superfície.

Drew (1989) mostra que em alguns casos, quando o homem prepara o solo para o plantio, os sulcos abertos nas encostas contribuem para o acúmulo da água, retardando os fluxos das enxurradas. Em consequência, diminuem-se os processos erosivos e aumenta-se a umidade do solo. Isso apenas quando o revolvimento do

solo for praticado no contorno das declividades do relevo e somente com pequenos sulcos na terra, sem desmanchar a estrutura da camada superficial.

Mesmo assim, quando ocorrem índices de muita concentração pluviométrica, a camada superficial pode adensar e diminuir o volume de infiltração da água, desencadeando os fluxos de escoamento que vão se encontrando e formando as enxurradas. Com isso, pode ser destacado que algumas práticas de manejo dependem muito das características do evento chuvoso para garantir a eficiência de conservação do solo.

Em um estudo realizado em cultivo convencional (com aração mais duas gradagens) e em cultivo conservacionista (com o uso do escarificador mais gradagem com plantio direto), Schick demonstrou que as perdas de solo foram de 1,5 a 3 vezes maiores no plantio convencional (SCHICK et al., 2000).

No Brasil, o período de plantio é em torno dos meses de setembro e outubro, quando ocorrem os maiores eventos chuvosos, causando intensos processos erosivos. Estudos do IAC (Instituto Agronômico de Campinas/SP) apontam perdas de 21 toneladas de solo/hectare/ano em solos arenosos; 16 toneladas/hectare/ano em solos argilosos e 9,5 toneladas/hectare/ano em solo terra roxa (ROSS, 1996).

O tipo de cultivo e a duração do ciclo das espécies vegetais influenciam na remoção do solo, visto que a cobertura vegetal intercepta os impactos direto das gotas de chuva e, através do sistema radicular, permite a infiltração de uma porcentagem da água empoçada. “A erosão depende, não do que se cultiva, e sim de como se cultiva” (HUDSON, 1982, p. 71).

Quando a camada do solo superficial é removida pela erosão, resta à camada compactada, menor capacidade de infiltração e armazenamento de água. Em sistemas de cultivo convencionais essa porção de subsolo é revolvida com o arado apresentando, geralmente, uma estrutura mais fraca, o que o torna suscetível ao transporte pelas enxurradas. Além disso, as plantas encontrarão dificuldades para germinar e fixar suas raízes em busca de nutrientes.

Um estudo realizado na Bélgica por De Ploey acerca da formação das crostas, mostra que os maiores índices de perda de solo aconteceram quando estes estavam descobertos pela colheita ou logo após o plantio e, ainda, na presença de intensas precipitações pluviométricas (DE PLOEY apud GUERRA et al., 1999).

No quadro 1, podem ser observadas as variáveis de perda de solo com relação aos diferentes tipos de cobertura vegetal. Verifica-se que as maiores perdas

por erosão ocorreram nos cultivos temporários, podendo relacioná-los à mecanização intensiva, deixando o solo bem exposto e revolvido, facilitando assim, a desagregação e o transporte. Além disso, os cultivos de ciclo curto deixam o solo desprotegido da cobertura vegetal em boa parte do tempo, tanto no desenvolvimento das plantas quanto no período pós-colheita. Em contrapartida, as menores perdas de solo foram registradas em áreas com cobertura vegetal permanente (pastagens e florestas).

IAC apud Ross (1996), estado de São Paulo		Casseti (1983), estado de Goiás		Lepsch (2002)	
Cobertura vegetal	Perdas de solo/kg/ hectare/ano	Cobertura vegetal	Perdas de solo/kg/ hectare/ano	Cobertura vegetal	Perdas de solo/kg/ hectare/ano
Pastagem	**400**	Pastagem	**230**	Pastagem	**700**
Cultivo temporário (algodão)	**26.600**	Cultivo temporário (arroz)	**51.560**	Cultivo temporário (algodão)	**38.000**
Cultivo de ciclo longo (café)	**900**	–	–	Cultivo de ciclo longo (café)	**1.100**
Floresta nativa	**4**	Floresta nativa	**3**	Floresta nativa	**4**

QUADRO 1 – Perdas de solo por erosão em diferentes usos da terra.
Org: O autor, 2009.

Além das maiores perdas de solo em cultivos temporários, destaca-se também, a destruição da camada grumosa quando esses cultivos são realizados de forma convencional e mecanizados. Primavesi (2002) diz que quanto mais as máquinas agrícolas passarem na superfície, mais prejudicada será a bioestrutura do solo devido à pressão exercida pelas rodas. Com isso, a água terá menor capacidade de infiltração, resultando no escoamento de início difuso, mas que com acúmulo das precipitações, tornam-se concentrados. A menor infiltração das precipitações pluviométricas em solos com a camada grumosa destruída, resulta na falta de água no decorrer do crescimento das plantas.

Outra questão, que merece atenção nas áreas de cultivo, é a presença de fragmentos de rochas (matacões e blocos), que podem acelerar ou diminuir a ação das enxurradas. Para Evans (1996), solos pedregosos podem retardar os processos erosivos com o acúmulo de água em pequenas represas formadas pelos materiais rochosos ou, ainda, acelerar os processos com o rompimento das mesmas.

Ao lado da agricultura, a pecuária depende diretamente das condições do solo para garantir boas pastagens, principalmente quando se trata da pecuária extensiva (gado criado solto no pasto, sem confinamento). Áreas de pastagens tornam-se sistemas importantes na conservação ou degradação do solo e na dispersão ou abastecimento dos lençóis freáticos. “O solo constitui o principal componente relacionado à produção agropecuária. Dessa forma, a conservação ou a melhoria de sua qualidade, é essencial para a sustentação da atividade produtiva” (JAKELAITIS et al., 2008, p.118).

As pastagens podem tornar o ambiente mais estável aos processos erosivos, vez que as gramíneas que as constituem, têm papel importante na agregação estrutural do solo, contribuindo com o revestimento vegetal da parte superficial do relevo e disponibilizando matéria orgânica para ser transformada em húmus (GREENLAND, 1971). Essas gramíneas ainda atuam juntamente com o sistema radicular que possibilita maior infiltração e retenção da água, além de controlar a variação térmica (KAY, 1990).

As áreas com pastos podem ter gramíneas nativas ou introduzidas e melhoradas frequentemente pelo homem. Os efeitos erosivos em locais de ocupação pela pecuária merecem atenção porque refletem as formas de uso e manejo do solo.

Quando se trata de pastos naturais, dificilmente o produtor faz o revolvimento do solo para melhorar a produtividade, deixando o local revestido com cobertura vegetal e menos propenso a remoção de sedimentos. Já em pastagens melhoradas artificialmente, é feito, periodicamente, o revolvimento do solo para a adubação e o plantio de novas espécies, expondo a terra à ação dos agentes morfodinâmicos.

Maack já na década de 1960, registrava o desgaste dos solos na região dos campos de Guarapuava e Palmas, devido às queimadas efetuadas para renovação das pastagens. 30 anos antes do referido ano, uma cabeça de gado utilizava de 1 a 2 alqueires de pasto, em 1960 eram necessários de 3 a 4 alqueires (MAACK, 2002).

Bono (1994), em seus estudos sobre os processos erosivos em pastagens, esclareceu que em locais com Cambissolo, tiveram os maiores índices de erosão. Isso pode estar relacionado às características físicas no qual predomina o Cambissolo: declividade acentuada, baixa macroporosidade, baixa permeabilidade e encrostamento pronunciado, fatores estes, que contribuem para os processos erosivos serem mais intensos.

Em mensurações realizadas em áreas de pastagem, Lepsch (2002) estabeleceu perdas de 700 kg de solo/hectare/ano; IAC apud Ross (1996), de 400 kg de solo/hectare/ano e Casseti (1983), de 230 kg de solo/hectare/ano. Essas variáveis podem ser relacionadas às características do relevo, número de animais por área, tipo de pasto (com maior ou menor cobertura vegetal), e a própria intensidade da chuva.

“As pastagens [...] melhoram as condições estruturais do solo e diminuem os processos erosivos pelo aumento da superfície rugosa; entretanto, esses benefícios somente são observados quando essa cultura é conduzida adequadamente” (ENDRES et al., 2006, p. 206). De forma geral, as pastagens oferecem uma proteção ao solo contra os processos erosivos por manterem um revestimento vegetal superficial e assegurarem maior estabilidade. Mas para sua melhor eficiência, faz se necessário um diagnóstico do local utilizado para esses fins e o tipo de vegetação a ser implantada.

Para Junior Neves (2005), em uma pesquisa desenvolvida em áreas de pastagens na Amazônia, foi constatada a ausência de degradação física do solo, pois o incremento de matéria orgânica melhorou a bioestrutura do mesmo.

Ainda deve ser mencionado o número de animais por área de pasto. Áreas superlotadas ficam mais vulneráveis à degradação do solo devido ao excesso de pisoteio, compactando e desagregando sedimentos a serem transportados pelos processos erosivos (THOMAZ; DIAS, 2009).

1.3.3 Erosão em estradas rurais

A maioria das atividades que o homem desempenha na superfície do planeta provoca alterações nos aspectos da paisagem. As principais atividades são:

a agricultura, a mineração, escavações e construções de estradas (INBAR et al., 1998).

As estradas são faixas do relevo transformado pela ação antrópica que permitem a circulação de pessoas, animais e veículos. Para o seu pleno uso, estas devem estar em condições apropriadas para determinados fluxos de movimentação nas mais variadas condições climáticas (GRIEBELER et al., 2005). O que prejudica constantemente estes fluxos de movimentação nos sistemas viários são os estragos decorrentes da erosão acelerada.

> As estradas, carreadores e caminhos cortam grande número de rios e fontes em diferentes unidades de terra. A drenagem lateral nas vias de circulação principal (processo de retirada de água do leito das estradas) faz com que as águas cheguem rapidamente à rede de drenagem aumentando o débito fluvial (aumento rápido de vazão) (THOMAZ, 2005, p. 180).

O autor ainda considera que as estradas funcionam como canais efêmeros após eventos chuvosos, sendo a concentração dos fluxos da água provenientes das regiões a montante.

As estradas não pavimentadas representam o início de toda movimentação econômica de uma região por estarem conectadas diretamente com áreas produtivas. Infelizmente, os processos erosivos nos leitos e barrancos são as principais causas da degradação dessas vias (GRIEBELER et al., 2005). A identificação da magnitude dos efeitos que a erosão causa em estradas é de fundamental importância para propor técnicas de contenção.

Nogami e Villibor (1995) salientam que a erodibilidade do solo é um dos fatores que determinam o tempo que a estrada poderá suportar pressões exercidas por fluxos de movimentação sem haver o desprendimento excessivo de sedimentos. Já Denardim (1990) ressalta a dificuldade de estabelecer estudos de erodibilidade no Brasil devido à diversidade de solos e extensão territorial do país.

Mesmo com tantas dificuldades, vem aumentando os estudos com relação aos processos erosivos em estradas rurais, as quais possuem papel importante no total de sedimentos produzidos dentro da bacia hidrográfica e na condução dos sedimentos oriundos de outras fontes. Em meio às floretas, 90% dos sedimentos provêm das estradas (GRACE et al., 1998). Bigarella e Mazuchowiski (1985) destacam que do total de sedimentos transportados no Noroeste do Paraná, 20% tem origem nos sistemas viários.

Os sedimentos das estradas têm origem nas vias de movimentação e nos barrancos (THOMAZ; ANTONELI; DIAS, 2011). Em paredes de alcovas, a remoção de sedimentos fica em torno de 30% do total de materiais remobilizados. Nos barrancos das estradas há a influência direta da altura dos mesmos, da cobertura vegetal e da concentração dos fluxos de água (OLIVEIRA et al., 1999).

A maioria das estradas rurais no Brasil são construídas sem nenhum planejamento com relação às características naturais do relevo e a vulnerabilidade a erosão. Essa ausência de planejamento e “a falta de manutenção são as principais causas da grande incidência de erosão por ravinas e boçorocas encontradas nas estradas rurais” (SALOMÃO et al., 1999, p. 263).

Para Griebeler et al. (2005) os processos erosivos em canais e nas margens das estradas são decorrentes da má drenagem. Já Luce e Black (1993), relacionam os processos erosivos em estradas ao comprimento das rampas e o aumento da declividade, que aceleram o escoamento das águas.

Em pequenas propriedades rurais, a maioria das estradas ocupa trechos do relevo com declividades acentuadas, nos quais a erosão é progressiva. As plataformas não são pavimentadas, sendo feito somente a terraplanagem em meio às várias características do relevo. Como resultado, há incisões associadas às redes viárias e grande quantidade de sedimentos depositados a jusante ou carregados pelas enxurradas até os cursos fluviais. Esses sedimentos podem ter origem nas próprias estradas ou em locais de agricultura, sendo incrementados de produtos químicos e tóxicos que acabam contaminando a água.

Com a abertura de sulcos e ravinas nas estradas o trafego é prejudicado, dificultando o transporte dos cultivares até as propriedades, elevando o custo de transporte das safras e de manutenção desses sistemas viários. Em certos casos, é necessária a passagem de uma máquina moto niveladora para os reparos mais acentuados.

O principal problema dos processos erosivos em estradas rurais está nos sistemas de drenagens. A grande concentração de fluxos de água na faixa de rolamento da estrada aliada à declividade acentuada ocasiona um aumento da energia cinética, elevando o potencial de remoção e transporte de materiais. Além disso, a concentração de umidade reduz a capacidade de resistência do solo, tornando-o mais vulnerável aos processos erosivos.

Em propostas para alocação de estradas, Castro Filho destaca:

> Em estradas estreitas, devem-se utilizar técnicas para aumentar a infiltração e controlar o escorrimento, tais como: proteção dos barrancos e margens com capineiras erva cidreira ou reflorestamento; construção de barreiras nas valetas; construção de bueiros ou valetas que conduzam a água para o interior do mato ou capoeiras; revestimento vegetal com gramas ou capins nas partes menos íngremes (CASTRO FILHO et al., 1999, p. 257).

Bigarella e Mazuchowski (1985) propõem algumas medidas para a diminuição dos processos erosivos em sistemas viários, tais como: a proteção vegetal principalmente nos taludes, nas saídas de empréstimo e na própria plataforma; canais de dispersão dos fluxos de água (valetas ou canaletas), também revestidas com grama; a construção de bueiros em áreas que concentram muita água; o desnível transversal da pista de rodagem para dispersar a água; os sulcos de dispersão das enxurradas devem ser construídos com base nas curvas de nível da área, para conseguir dissipar maior quantidade de água possível.

Mesmo efetuando todas essas medidas propostas, ainda é necessário que após cada evento chuvoso seja feita a limpeza das canaletas de dispersão, porque o acúmulo de sedimentos pode obstruir a passagem da água, voltando a erodir a plataforma da estrada. O importante é diminuir o potencial erosivo da água, conduzindo-a para locais de maior infiltração no relevo ou para áreas com maior cobertura vegetal.

1.4 O IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DA DEGRADAÇÃO DO SOLO

A Carta da Terra no item c, que trata da justiça social e econômica sobre a erradicação da pobreza como uma ação ética, social e ambiental, fala sobre a necessidade de: “Reconhecer os ignorados, proteger os vulneráveis, servir àqueles que sofrem, e permitir-lhes desenvolver suas capacidades e alcançar suas aspirações” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE: Carta da Terra, p. 4).

Para Casseti (1995) a apropriação e transformação nas vertentes pelas atividades produtivas não acontecem somente para satisfazer a necessidades cotidianas. Quando se atribui um caráter privado, o aumento do capital e a

destruição dos recursos naturais tornam-se consequências desse processo, ou seja, de exercer o domínio do patrimônio.

Segundo Mafra et al. (1999) os processos erosivos são desencadeados por características naturais, questões políticas e socioeconômicas. Em certos momentos, os sistemas agrários deram prioridade a modelos produtivos que historicamente foram essenciais para algumas regiões.

> Em síntese, o processo de ocupação e degradação das terras paranaenses, independente da sua aptidão agrícola, tem raízes em fatores econômicos, sociais e culturais que levaram a sobre-exploração dos recursos naturais, colocando em risco a sua sustentabilidade. De outro lado, as próprias variáveis históricas e sócio-econômicas do processo de ocupação e concentração fundiária, determinaram o assentamento dos pequenos produtores em glebas de baixa aptidão agrícola, sobretudo nas regiões Centro-Sul e Sudoeste do estado (MUZILLI et al., 1999, p. 11).

Deve ser destacado também, que no estado do Paraná, a partir da década de 1950, ganharam ênfase os sistemas agrícolas “imediatistas,” nos quais as decisões empresariais, governamentais e dos agricultores, visavam somente o desenvolvimento econômico das diferentes regiões agrícolas (BIGARELLA; MAZUCHOWISKI, 1985). A preocupação com a degradação do solo não fazia parte da mentalidade da época e a agricultura, juntamente com a pecuária, foi deixando lastros de terras degradadas.

Bertoni e Lombardi Neto (1999) destacam que a erosão das áreas cultivadas está interligada com o desenvolvimento da agricultura, sendo que as diferenças regionais retratam o próprio incremento de novas atividades produtivas e diferentes métodos de manejo do solo.

A erosão acelerada do solo vem acarretando prejuízos ambientais, econômicos e sociais, diminuindo a produtividade agrícola, com perdas financeiras decorrentes da remoção dos nutrientes minerais inseridos pelo produtor durante o plantio das safras (BERTOL et al., 2007). Esse processo destrutivo das terras tem contribuído para a migração de pequenos agricultores com destino aos grandes centros do país, repercutindo no aumento da população urbana, elevando os índices de desemprego e da criminalidade.

O transporte de sedimentos em área de usos agropecuários também influência na produção de energia de uma região. Com o acúmulo de solo no lagos das usinas hidroelétricas, o tempo de funcionamento das mesmas é reduzido,

devido ao assoreamento dos reservatórios. Carvalho et al. (2004) destaca que represas com dimensões maiores resistem por mais tempo até ficarem assoreadas, já em reservatórios com menor dimensão, o transporte de sedimentos pode inviabilizar a produção de energia em poucos anos.

No Brasil, segundo Carvalho (2000 apud CABRAL, 2005), cerca de 95% da energia elétrica é gerada por aproveitamento hidroelétrico. Portanto, o estudo da situação de entrada de sedimentos em bacias com esse tipo de aproveitamento, deve ser destacado pela importância que o setor representa para o país.

As formas de uso e ocupação do solo também são influenciadas pelo tamanho das propriedades ou estrutura fundiária que caracterizam determinadas áreas. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999), a efetiva conservação do solo requer que o imóvel rural garanta o mínimo de condições econômicas, assegurando renda ao produtor e seus familiares.

Os autores ainda evidenciam as influências sociais e econômicas dos produtores na degradação do solo, que ganham ênfase principalmente em agricultura de subsistência, quando o agricultor recebe suas terras de herança familiar. O processo de repartir os terrenos em lotes resulta na diminuição do tamanho das propriedades. Assim, mesmo as áreas impróprias para o cultivo são desflorestadas e ocupadas pelas lavouras. Além desse fator, pode ser destacada a falta de conhecimento do produtor em relação aos impactos ambientais que a erosão causa para o solo, para o ambiente e para sua própria economia.

Os investimentos financeiros feitos pelo agricultor com a compra de insumos para melhorar a produtividade das safras agrícolas, acabam aumentando os impactos ambientais, assoreando leitos de rios, contaminando a água potável com os produtos agrotóxicos[1] e destruindo os ecossistemas com perda da biodiversidade.

1.5 MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

[1] De maior uso são os herbicidas, aplicados para controlar as ervas daninha.

Garantir uma produção adequada, diminuir os processos erosivos e assegurar a fertilidade das terras, são os principais objetivos de uma agricultura inserida na busca da conservação do solo, com desenvolvimento socioeconômico dos produtores.

Segundo Cogo, Levien e Scharwz (2003), com o uso adequado de sistemas de manejo e de técnicas conservacionistas, reduzem-se os processos erosivos em áreas de cultivo em torno de 50 a 90%, satisfazendo assim, a produtividade e a conservação dos solos.

> As práticas de conservação do solo devem ser aplicadas após o conhecimento integrado das potencialidades e limitações dos recursos de solo e água em nível de bacias hidrográficas e/ou microbacias. A escolha das técnicas deve, necessariamente, adaptar-se às características físicas e químicas do solo, à declividade e comprimento da encosta e ao tipo de cultivo. Deve, portanto, adequar-se à capacidade de uso da terra (SALOMÃO et al., 1999, p. 258).

Além dos usos adequados de acordo com as características do relevo, também devem ser destacadas as principais técnicas de cultivo do solo como, o plantio direto, a adubação verde e o plantio em curvas de nível (LEPSCH, 2002).

Para Tricart (1977) ao avaliar os processos que conduzem certos aspectos não favoráveis ao equilíbrio natural, devem-se prognosticar novas formas de recondução dessas ações. Nesse sentido, um bom planejamento pode minimizar os efeitos adversos de uma gestão deficiente nas características geoecológicas da área.

O levantamento sobre as práticas produtivas e a cobertura da terra com mapeamento das áreas, é de fundamental importância para a compreensão da dinâmica do uso e ocupação da terra. A comparação deste levantamento com as peculiaridades ambientais do espaço é primordial para a orientação e adequação de novas práticas produtivas (IBGE, 2006).

Vale lembrar, neste momento, a elevada porcentagem de terras com problemas de produtividade. Nessa esteira, Conti (2002) aponta a questão da desertificação nas áreas tropicais decorrente de usos ineficientes dos recursos naturais. Para o autor, essa faixa do globo poderia reverter o montante da energia recebida do sol em produção. Essa idéia poderia ser alcançada com práticas que evitassem o desflorestamento, garantindo a umidade do solo e, consequentemente, o crescimento próspero da vegetação.

Segunda a Agenda 21 brasileira, a “agricultura sustentável” deve contribuir para a permanência dos recursos naturais e da produtividade agrícola, com a redução dos impactos ambientais e boa produtividade das safras, satisfazendo os produtores com alimentação e renda para suprir as necessidades básicas e o convívio social. Entretanto, é fundamental aperfeiçoar a produção com menos gastos em fertilizantes e defensivos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE: Agenda 21 Brasileira, 2000).

O diagnóstico das limitações e potencialidades da área de investigação torna-se ferramenta importante para conservar os recursos naturais. “No ambiente, como na questão da saúde, é preciso ter uma postura mais voltada para o preventivo do que para o corretivo” (ROSS, 2003, p.16). Tanto os custos econômicos como ambientais são menores com a prevenção do que com a recuperação.

O uso eficiente do solo é um dos primeiros fundamentos para obter uma agricultura adequada, podendo ser alcançado com as técnicas certas e em locais corretos, utilizando o máximo das características naturais para ter boa produtividade sem degradar o solo (HUDSON, 1982).

De acordo com Lepsch (2002), cada solo tem um limite máximo de condição de utilização. Assim, cada atividade produtiva deve ser estabelecida de acordo com as variáveis físicas do ambiente. Terras situadas em locais com declives acentuados são indicadas para pastagens ou reflorestamento, e não para agricultura intensiva, na qual o solo é totalmente revolvido.

Bertoni e Lombardi Neto (1999) explicam que para a adaptação das práticas de uso e ocupação do solo, as características da topografia do relevo devem ser avaliadas, por referenciarem os índices de declividade. A declividade contribui para o aumento da energia cinética das enxurradas e, constantemente, para o aumento dos processos erosivos.

Para Cogo, Levien e Schwarz, a declividade do relevo:

> [...] é outro fator que influencia fortemente as perdas e solo e água por erosão hídrica, pois, à medida que ela aumenta, aumentam o volume e a velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo. Com isso aumenta a capacidade de transporte das partículas de solo pela enxurrada, assim como a própria capacidade desta desagregar solo, por ação de cisalhamento, principalmente quando concentrada nos sulcos direcionados

> no sentido das pendentes do relevo (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003, p. 745).

Segundo Castro Filho et al. (1999) a declividade é um dos principais fatores a serem considerados no planejamento de bacias hidrográficas para uso e ocupação do solo, uma vez que as áreas íngremes dificultam o cultivo e deixam o solo mais propenso aos arrastes erosivos.

A maioria dos casos de erosão em áreas de usos agropecuários é decorrente da ocupação inadequada do relevo para determinada atividade, “cultivos certos devem situar-se também em locais certos, observando práticas certas de proteção contra a degradação” (LEPSCH, 2002, p. 168). Em decorrência, são destacados os mapas de capacidade de uso da terra, indicando, para cada faixa do relevo, os melhores usos e ocupações. Para Lima e Fontes (2008), o mapa de aptidão agrícola se torna uma ferramenta importante para o planejamento ambiental da área de estudo.

Essa revisão de referências auxiliou a estabelecer um levantamento detalhado da capacidade de uso do solo no local em análise e propor um mapa constando as melhores indicações de uso e ocupação da terra.

Como remate é importante frisar que o manejo do solo vai influenciar no aumento ou na diminuição da ação dos agentes erosivos, nos resultados e discussões é possível estabelecer a inter-relação dos processos com os diferentes usos e ocupações do solo.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Rio do Atalho situa-se no município de Cruz Machado, localizado no Centro Sul do estado do Paraná e definido pelas coordenadas geográficas: 51º 21’ 15” W e 26º 0’ 53” S. Faz fronteiras com os municípios de Mallet a Leste, União da Vitória a Sul, Bituruna a Sudeste, Pinhão a Noroeste, Inácio Martins e Rio Azul a Nordeste.

A área territorial de Cruz Machado é de 1.478 km^2 e se encontra no terceiro Planalto Paranaense, tendo como bacia hidrográfica a do Rio Iguaçu, inserida sobre o Aquífero Guarany de maneira estratégica entre a escarpa da Serra da Esperança (Leste) e a represa da Foz do Areia (Oeste) (IBGE, 2007).

A economia do município baseia-se na agricultura, com 3.311 propriedades rurais com média de 25 hectares cada uma. Essas propriedades são ocupadas pelo sistema de agricultura familiar com a produção de gêneros alimentícios como, feijão, arroz, milho, leite, soja, extrativismo da erva mate, produção de fumo e carvão vegetal (IBGE, 2007).

2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA DO RIO DO ATALHO, PR

A presente pesquisa foi realizada na Bacia do Rio do Atalho, afluente de terceira ordem fluvial da margem esquerda do Rio das Antas, localizado no município de Cruz Machado, Paraná. Situa-se a 09 quilômetros da sede municipal no sentido Sudeste, tendo as seguintes coordenadas geográficas na parte central: 26° 3’ 15’’ S e 56° 17’ 19’’ W (MARINHESKI, 2010) (FIGURA 2). A população residente na bacia é de 192 pessoas que ocupam 52 propriedades rurais. Em todas as propriedades existe pelo menos uma estrada interligando-as às áreas de cultivo.

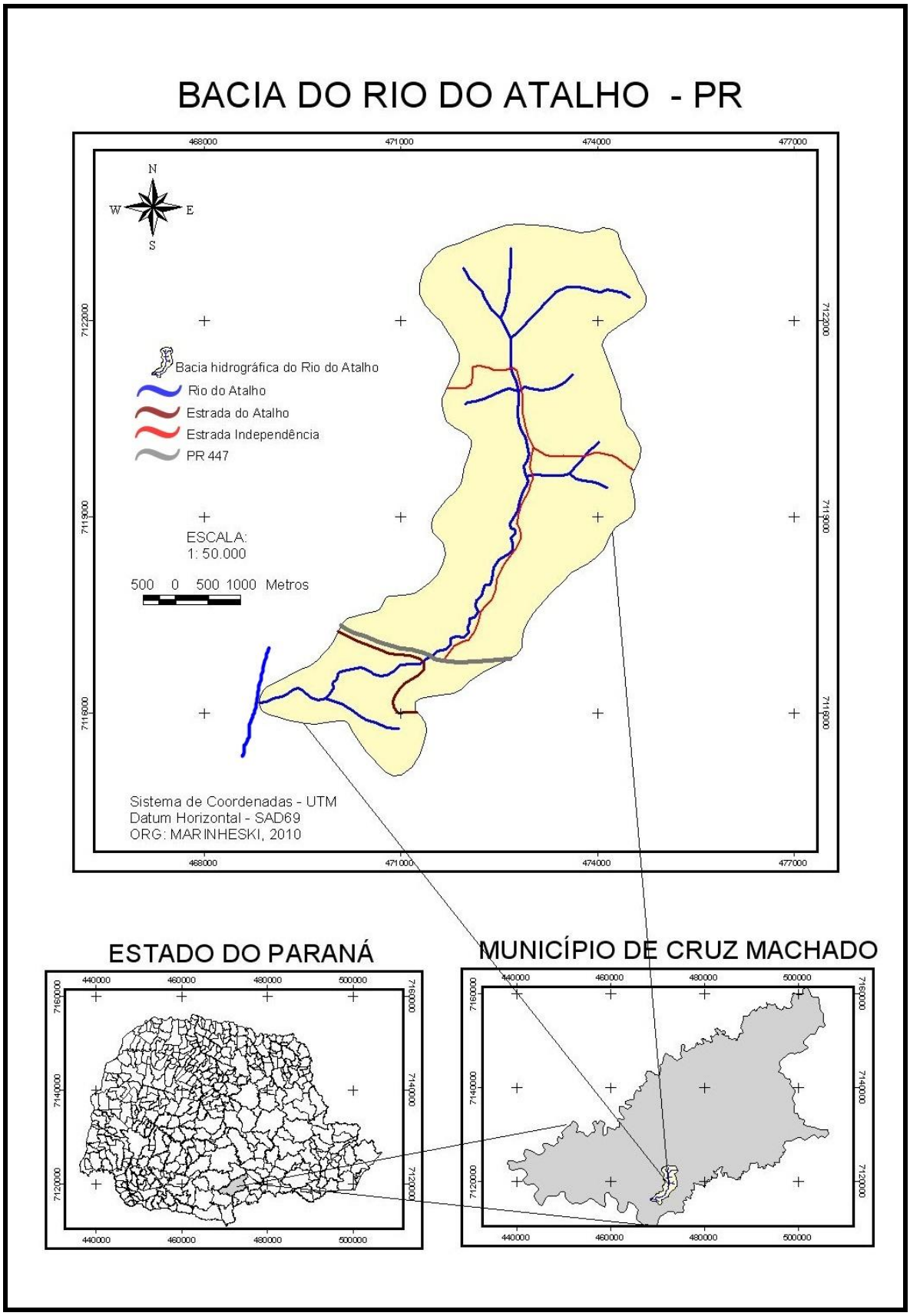


FIGURA 2 – Localização da área de estudo.
Org: O autor, 2010.

A Bacia do Rio do Atalho faz divisa ao Norte com a Bacia do Rio Palmeirinha, ao Oeste com a Bacia do Rio das Antas, e a Leste com a Bacia do Rio Palmital. O percurso das águas do rio segue do sentido Norte para o Sudoeste com, aproximadamente, 08 quilômetros da nascente até a foz. Os pontos mais altos encontram-se próximos a nascente com 1.040 metros de altitude. A escala utilizada para a classificação da bacia foi de 1:50.000.

A área da bacia é de 2074,77 ha, inserida totalmente na zona rural. É representativa das atividades agropecuárias no município de Cruz Machado, destacando-se agricultura familiar com policulturas anuais, extrativismo de erva-mate e produção de leite. Na figura 3, identifica-se os principais usos da terra no âmbito da bacia, destacando-se a área florestal com 1263,74 ha ou 60,91%, seguido da agricultura com 527,82 ha ou 25,44% e pastagem com 283,21 ha ou 13,65% (TABELA 2).

TABELA 2 – Uso do solo na da Bacia do Rio do Atalho – PR (com base na figura 3).

	Área	
Usos	Hectares	Porcentagem
Agricultura	**527,82**	**25,44%**
Pastagem	**283,21**	**13,65%**
Floresta	**1263,74**	**60,91%**
Área total da bacia	**2074,77**	**100,00%**

Fonte: O autor, 2011.

A vegetação que recobre o relevo da Bacia Hidrográfica do Rio do Atalho é caracterizada pela Floresta Ombrófila Mista. Remanescentes de florestas frias destacam-se: o pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*), a imbuia (*Ocotea porosa*) e a erva mate (*Ilex paraguarienses*) (MAACK, 2002). Na referida área de estudo, a imbuia praticamente foi extinta devido à qualidade de sua madeira “nobre”. O pinheiro aparece principalmente nas áreas de média vertente ocupadas pelas

pastagens. Já a erva-mate é manejada pelos produtores devido ao valor comercial, tendo maior abrangência junto à mata secundária.

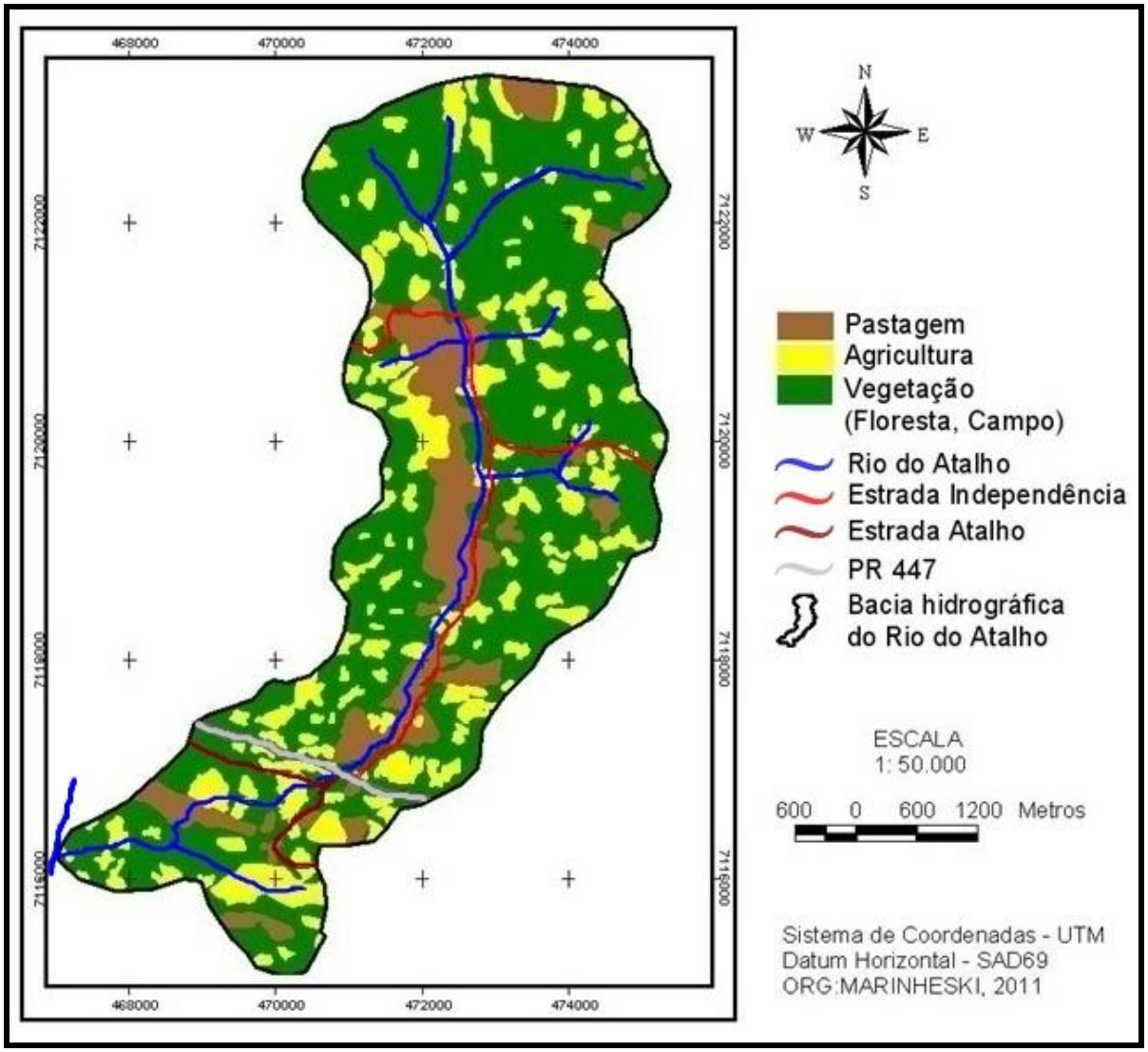


FIGURA 3 – Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio do Atalho, PR.
Org: O autor, 2011.

Ainda com relação à vegetação da bacia, pode ser mencionada a presença da Mata pluvial-tropical dos planaltos do interior. Destaque para o cedro vermelho (*Cedrela fissilis*), do grupo das lauráceas e a canela (*Nectandra puberuba*). Ressalta-se também, espécies com características físicas (sistema radicular e troncos) de ambientes mais secos e solos degradados, que são o açoita cavalo

(*Tiliácea luehea sp.),* carrapicho (*Aeschynomene falcata*), carqueja (*Baccharis sp.)*, vassoura preta (*Piptocarpa axillaris*) (MAACK,2002).

Segundo a classificação climática de Koppen, a região de estudo insere-se no regime climático Cfb, ou seja, subtropical úmido, com médias de temperaturas anuais em torno dos 10°C nos meses mais frios e 22°C nos meses mais quentes, com índices pluviométricos em torno dos 1800 a 2000 mm anuais (MAACK, 2002). Mas, de acordo com a classificação de Arthur Strahler, as médias das temperaturas anuais na região ficam entre 14°C e 22°C, com índices pluviométricos entre 1250 e 2000 mm anuais. A região está sob domínio climático subtropical úmido, dinamizado pelas massas de ar Tropical Atlântica, Tropical Continental e Polar Atlântica (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2007).

As características do clima na Bacia do Rio do Atalho apresentam verões quentes e invernos brandos, com a ocorrência de geadas nos meses de junho e julho, principalmente nos fundos do vale e regiões mais baixas das vertentes. Nos três Planaltos Paranaenses, os fundos de vale funcionam como “linhas de deslize de ar frio [...]” (MAACK, 2002, p. 121).

Conforme EMBRAPA (2006), a região que engloba a Bacia do Rio do Atalho é constituída por solos classificados como Cambissolo e Neossolo Litólico, solos rasos e de baixa fertilidade, além de grande quantidade de materiais rochosos (figura 4). A região é classificada como sendo de média degradação e uso misto, tendo a aptidão de uso do solo como regular, devido aos riscos de erosão e baixa fertilidade (ITCG, 2008).

De acordo com a figura 4, identifica-se a pequena espessura do horizonte de solo, formado por cerca de 30 cm com blocos de rochas ígneas em vários estágios de decomposição pelos processos intempéricos. Essas características variam ao longo do relevo com o aumento da espessura do solo nos sopés das vertentes, devendo isso, muito mais aos processos morfogenéticos do que a própria pedogênese.

A classificação de Ross (1990) mostra que a porção do relevo terrestre em que está inserida a referida área de estudo, faz parte da área classificada como planalto em bacias sedimentares. Os planaltos e chapadas da Bacia do Paraná são “recobertos por araucárias e pradarias de altitude” (ROSS, 2003, p. 24).

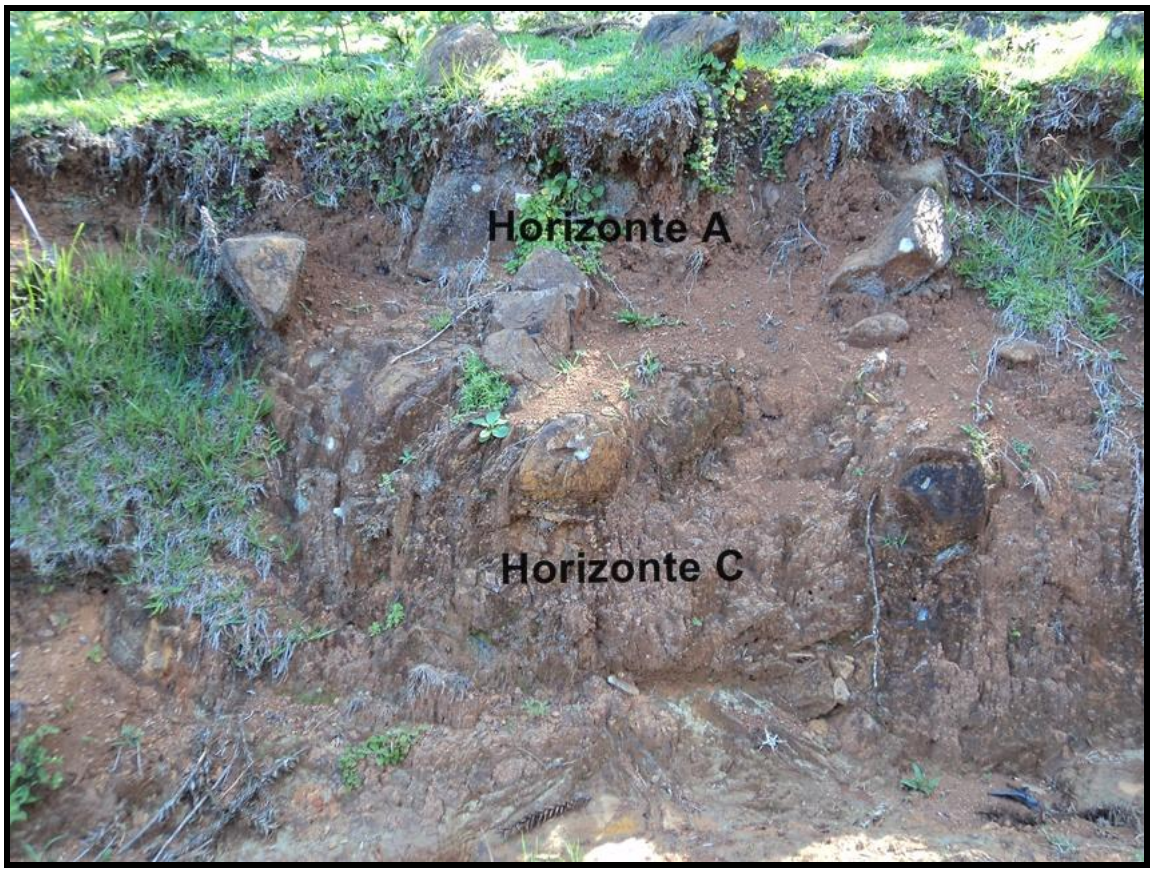


FIGURA 4 – Características do solo classificado como Neossolo Regolítico/Litólico em média vertente na Bacia do Rio do Atalho, PR.
Fonte: O autor, 2010.

Para Maack (2002, p. 425): “Os platôs e mesetas dos divisores de água representam no terceiro Planalto as linhas orográficas principais, que acompanham as fendas estruturais das rochas eruptivas básicas.” No local da pesquisa, as práticas agropecuárias também ocupam as elevações das vertentes, denominadas pelo autor de “espigões”.

Com base na figura 5, na Bacia do Rio do Atalho predominam as áreas com relevo (ondulado e forte ondulado)[2], já as áreas com relevo plano, propício para agricultura, têm pequena dimensão na bacia (EMBAPA, 2006).

Na maior parte do relevo da bacia são identificados a presença de materiais rochosos, matacões e blocos de rochas ígneas, que se tornam, ao lado dos declives acentuados, importantes obstáculos para uma agricultura intensiva e mecanizada.

[2] Classe de relevo conforme a declividade em (%): plano (0 a 3); suave ondulado (3 a 8); ondulado (>8 a 20); forte ondulado (>20 a 45); montanhoso de (>45 a 75) e escarpado (>75), (EMBRAPA, 2006).

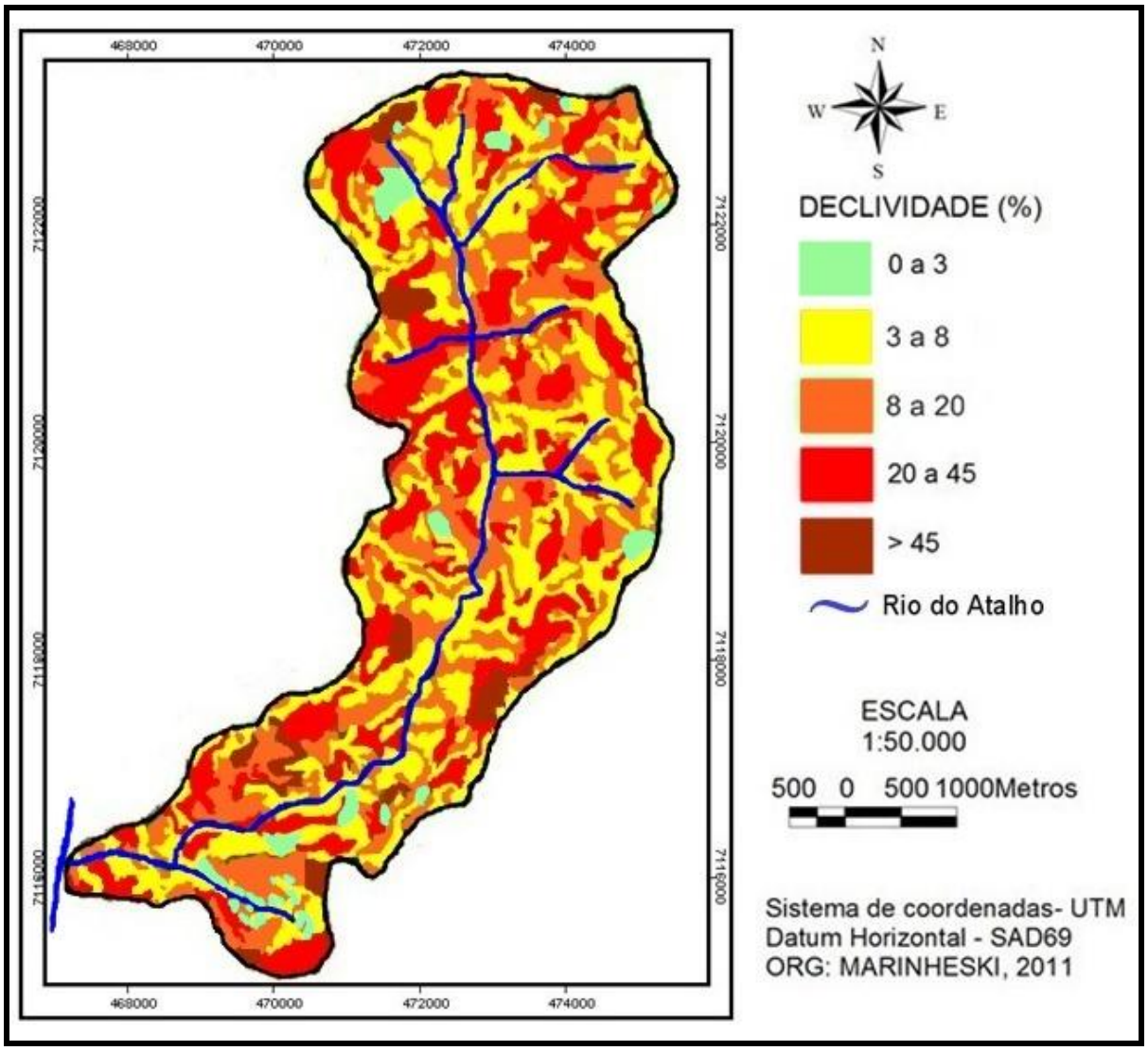


FIGURA 5 – Mapa de declividade da Bacia do Rio do Atalho, PR.
Org: O autor, 2011.

As estradas são paralelas aos declives das vertentes, construídas pelos primeiros imigrantes de forma manual. Usando picaretas, enxadas e cortadeiras. As rotas eram traçadas onde houvesse menos obstáculos, desviando de blocos de rochas e desníveis muito acentuados do relevo (ROCKENBACH, 1996) (FIGURA 6).

Muitas dessas estradas ainda apresentam os traçados iniciais de construção. A modificação vê-se na manutenção das mesmas, feitas com uso de máquinas disponibilizadas pela prefeitura do município.

FIGURA 6 – Estrada construída junto à vertente na Bacia do Rio do Atalho, PR.
Fonte: O autor, 2010.
Nota: **- - -** indicam a localização da estrada

2.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DA BACIA DO RIO DO ATALHO, PR

O PIB da bacia é caracterizado pela produção de milho, feijão, soja, fumo, leite e erva-mate (QUADRO 2). Com base na produção anual dos principais produtos que compõem o PIB[3], obtiveram-se estimativas do valor gerado em moeda corrente. A base dos preços dos produtos foi o do mês de julho de 2010, sendo o valor do milho de R$ 10,00 a saca, do feijão R$ 65,00 a saca, da soja R$ 26,00 a saca, do fumo R$ 8,00 o quilo, do leite R$ 0,65 o litro, e da erva-mate R$ 0,35 o quilo. O PIB anual da bacia ficou em R$ 410.877,50.

[3] Os dados referentes aos principais produtos que compõem o PIB da bacia do rio do Atalho foram obtidos através de pesquisa realizada em todas as propriedades (ver formulário no anexo A).

Número de propriedades	Número de pessoas	Quantidade de milho produzido- sacas de 60 kg	Quantidade de feijão produzido- sacas de 60 kg
52	**192**	**4.310**	**2.718**
Quantidade soja produzida- sacas de 60 kg	Quantidade de fumo produzido em kg	Quantidade de leite produzido em litros	Quantidade de erva–mate kg
555	**6.700**	**174.600**	**27.850**

QUADRO 2 – Produção da bacia do arroio do Atalho durante o ano de 2009.
Fonte: O autor, 2009.

Com base no PIB total foi estabelecida a renda per capita das pessoas que moram na bacia, levando em consideração apenas o que é produzido pelo setor agropecuário, desconsiderando o montante dos aposentados. A renda per capita por pessoa ficou em R$ 2.139,98/anuais ou R$ 178,33/mensais, sendo considerada uma renda baixa. Essa situação é amenizada devido a todos os alimentos serem produzidos nas próprias propriedades e, o pouco que sobra do dinheiro referente aos produtos comercializados, é gasto na compra de roupas, calçados, produtos de higiene e aquisições periódicas de alguns utensílios para a comodidade da casa.

Pode-se relacionar a baixa renda per capita das pessoas que habitam a bacia, ao alto custo de produção dos principais produtos, como o do milho que é de 65%, do feijão 30%, da soja 50% e do leite 45%, do total produzido de cada um. O alto custo de produção é devido, geralmente, ao uso de insumos (adubos, defensivos e rações). Essas estimativas foram feitas conforme o preço dos insumos e dos cultivares válidos para o mês de junho de 2010, que sofreram variações no decorrer do ano.

Segundo a FAO (1993) mencionado por Castro Filho et al. (1999) “o pequeno agricultor tem dificuldade de viabilizar sua propriedade por três razões principais: baixa produtividade, compra de insumos caros e comercialização deficiente.”

2.3 COLONIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA NA BACIA DO RIO DO ATALHO, PR

A agricultura da área de estudo ganhou impulso com a chegada dos imigrantes europeus: poloneses, ucranianos e alemães que vieram para o Brasil e encontraram, nessas regiões, características climáticas e ambientais com semelhanças de seus países de origem (ROCKEMBACH, 1996):

> Os colonos poloneses transformaram as terras outrora incultas dos dois planaltos paranaenses, em celeiros do Paraná. Introduziram novas técnicas agrícolas, novos instrumentos de trabalho, novos produtos e uma mentalidade agrícola, nova na época. Introduziram o arado, a grade, a gadanha, o picador de palha, a mó manual e a alfange. Em Cruz Machado muitas técnicas agrícolas não puderam ser utilizadas, pelo aspecto físico das terras que se apresentam muito montanhosas e pedregosas (ROCKEMBACH, 1996, p. 122).

Os imigrantes foram responsáveis pela implantação de alguns instrumentos e técnicas de manejo em meio às atividades agropecuárias da região. Pode ser destacada a inserção do "carroção", com rodas finas de madeira, circundadas por uma chapa de ferro que contribuem com sua movimentação para a desagregação do solo (WONS, 1984). Esse meio de transporte foi difundido pelos poloneses para conduzir os produtos das lavouras até as propriedades, sendo ainda utilizado em algumas propriedades na atualidade (PALHARES, 2004).

Os descendentes europeus também introduziram o cultivo com revolvimento total do solo para o plantio das safras, sendo esta uma técnica muito utilizada na Europa. Primavesi (2002) ressalta que o manejo com o revolvimento ou tombamento do solo é essencial para as condições do clima europeu, onde a parte superficial do solo fica congelada pela neve. Essa técnica possibilita a emersão da camada aquecida para a superfície, possibilitando o bom desenvolvimento das plantas.

Desde a chegada dos imigrantes e o início da ocupação do relevo, a agricultura teve como base, o sistema de mão de obra familiar, produzindo gêneros alimentícios como, feijão, arroz, milho (com comercialização dos excedentes), hortaliças; produtos agropecuários como a venda de leite; extrativismo da erva mate; produção e comercialização de fumo e carvão vegetal.

As áreas de cultivo na Bacia do Rio do Atalho são utilizadas de forma consorciada, isto é, na mesma área são produzidas durante o ano mais de uma cultura agrícola. Um bom exemplo é o plantio do feijão junto com o milho. O feijão,

por ser uma leguminosa e fixar nitrogênio, propicia maior aproveitamento no plantio do milho.

É destacado também nessas propriedades, a própria localização das diferentes formas de uso e ocupação do solo, que é dominante no município como um todo. As casas e os abrigos para os animais, cultivares e equipamentos agrícolas, são construídos nas áreas baixas dos fundos de vale. Já as áreas para a agricultura ocupam as vertentes, e nos interflúvios predomina a mata, que forma a área de reserva legal da vegetação. Essas características pretéritas da logística das propriedades ainda se mantêm ao longo do tempo na Bacia do Rio do Atalho (FIGURA 7).

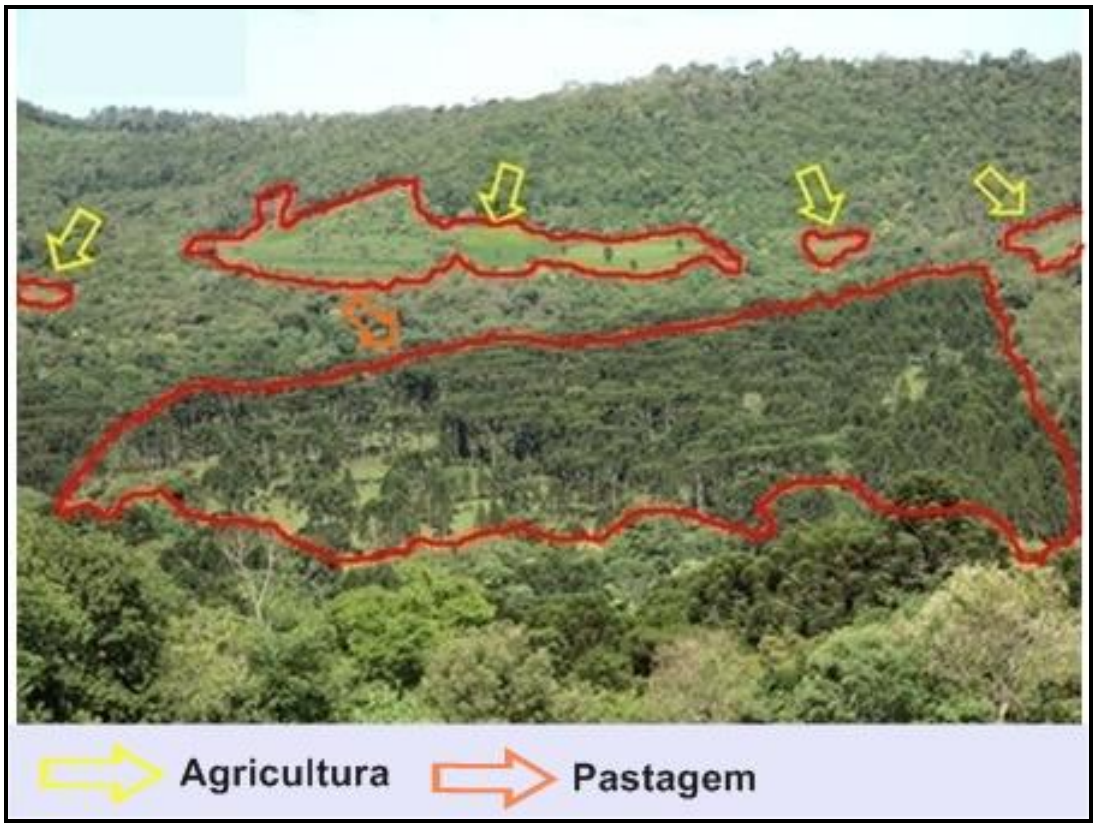


FIGURA 7 – Características de ocupação das vertentes na Bacia do Rio do Atalho, PR.
Fonte: O autor, 2010.

Essa caracterização das propriedades, que tem em média de 12 a 25 hectares de área, também pode ser relacionada aos aspectos de ocupação da região. A estrada principal na bacia está localizada bem no fundo do vale próximo ao

rio, e dos dois lados da estrada foram estabelecidos os lotes[4], que vão do fundo do vale até o interflúvio. Esses lotes têm em torno de 1000 metros de comprimento do fundo do vale até o interflúvio e, em torno de 240 metros de largura, com faixas estreitas, dificultando também na logística das estradas.

São poucas as propriedades da região que possuem uma área plana de um ou dois alqueires para lavoura. O relevo é dissecado e o solo possui afloramento de rochas ígneas, além de várias nascentes que não permitem uma mecanização intensiva. Por este motivo, desde a chegada dos imigrantes até cinco anos atrás, predominava o uso de animais (cavalos e muares) como força de trabalho para revolver a terra e mover os “carroções” (FIGURA 8).

FIGURA 8 – Carroção utilizado na bacia do rio do Atalho, PR.
Fonte: O autor, 2009.

Esse meio de transporte é considerado rudimentar e fora de cogitação de uso num sistema de agricultura desenvolvida e propagada pelos meios de comunicação, que são meios dispersores e formadores de padrões culturais. Mas, além de fundamental na sustentabilidade desses sistemas tradicionais de uso e ocupação do solo, o carroção, ainda traz as marcas culturais do início da colonização dessas porções do relevo.

[4] Área de aproximadamente 25 hectares. Foi estabelecido pelo governo brasileiro para dividir as terras na chegada dos imigrantes em 1910 e 1911 (ROCKEMBACH, 1996).

Com propagandas de empresários e políticos, houve mudanças significativas na mecanização das propriedades, como a aquisição de tratores financiados, principalmente, com o auxílio do governo, retratando bem essa realidade. Segundo o Jornal Vale do Rio da Areia (2010, p. 173), “Cruz Machado está em 3° lugar na aquisição de tratores solidários um plano do Governo Estadual para financiamento de máquinas agrícola”.

> Nas últimas décadas incutiu-se nos agricultores a crença de que eles dependem de assistência técnica para manejar os solos já que não conseguem interpretar por si sós as análises químicas. Como não foram capacitados para fazer essas análises, passaram a ser condicionados a receber orientações sobre o quê e como fazer. Esse foi o caminho pelo qual foram induzidos a adquirir máquinas e insumos químicos, tornando-se assim co-financiadores da industrialização, ao mesmo tempo em que perderam a autoconfiança em seus conhecimentos adquiridos pela experiência e pela observação da natureza (PRIMAVESI, 2008, p. 04).

Essa tentativa de mecanizar o relevo, tanto da bacia como do município, torna-se incoerente se forem analisadas suas características com declives acentuados, ou seja, poucas áreas planas e relevo aflorado de rochas.

Para Khatounian et al. (1999), as pequenas propriedades rurais funcionam como sistemas abertos e gerenciados pelo produtor, com entrada, saída e perdas de energia. Destaca-se o uso de insumos no setor agropecuário da Bacia do Rio do Atalho. Das 52 propriedades da bacia, apenas duas não utilizam nenhum insumo.

Não se pode perder de vista que as áreas de cultivo apresentam solos de média e baixa fertilidade necessitando, desta forma, o uso da adubação para produzir. Já os locais de pastagem estão superlotados, e os rebanhos precisam receber alimentação extra, composta de rações, farelos, concentrados e milho.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE REPRESENTATIVA

A propriedade representativa situa-se na vertente do lado direito da Bacia do Rio do Atalho, a 2,25 km da foz do rio (FIGURA 9). A escolha dessa propriedade deve-se à identificação dos usos do solo em relação às demais propriedades da bacia e do próprio município de Cruz Machado.

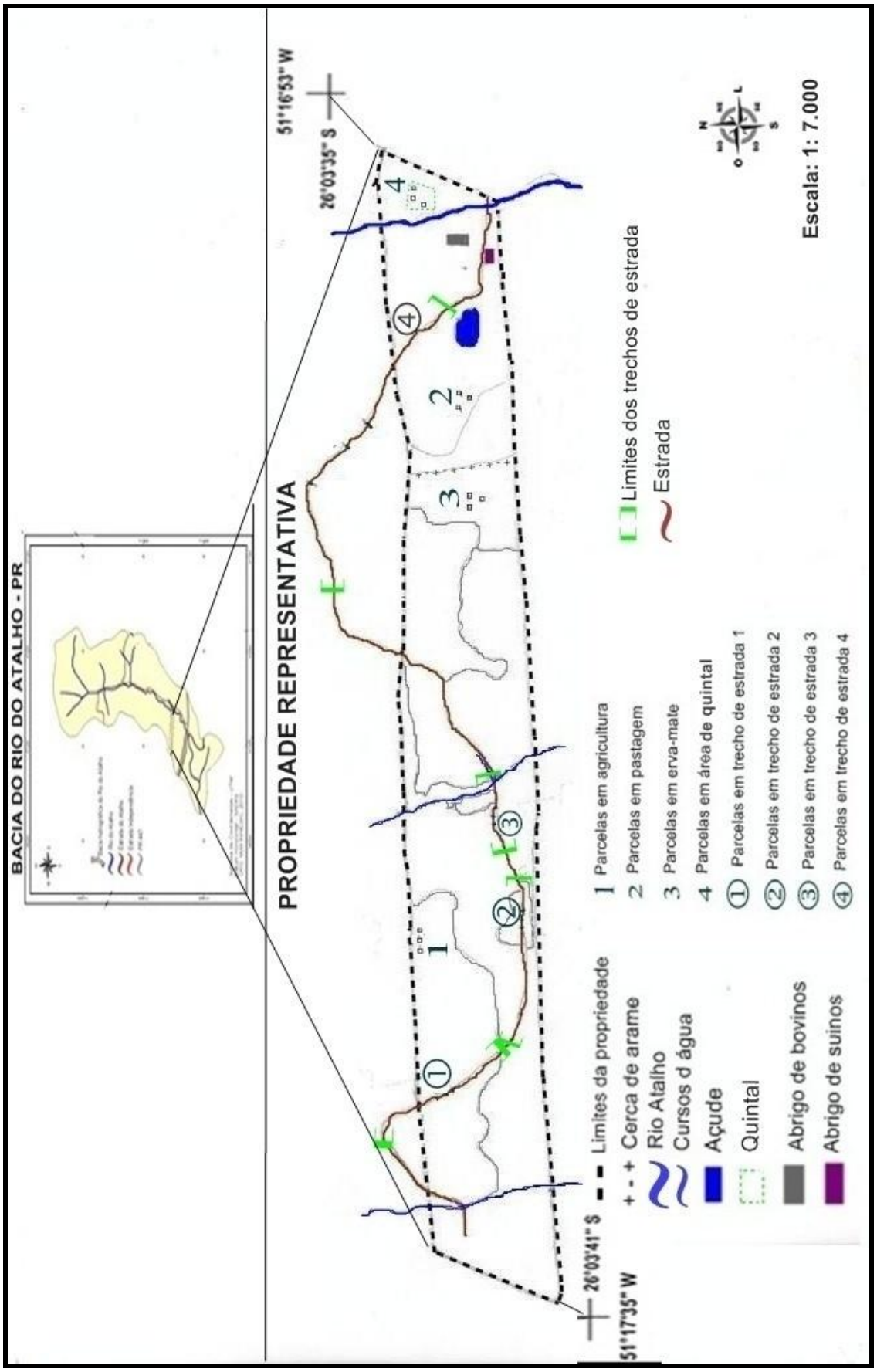


FIGURA 9 – Localização da propriedade representativa na Bacia do Rio do Atalho, PR.
Org: O autor, 2010.

A propriedade possui área de 13,5 ha, distribuídos em diferentes usos. Cerca de 23,5% para agricultura, 26% para pastagem, 5,0% para erva mate, 41% de floresta, e cerca de 4,5% em estradas, quintal e recursos hídricos (FIGURA 10). Ainda com base na figura 10, pode-se observar que a propriedade representativa é atravessada por mais dois afluentes do Rio do Atalho. Essa característica é marcante em quase todas as propriedades da bacia, desta forma, os destacamentos de sedimentos em diferentes usos, encontram, rapidamente, os recursos hídricos que se tornam vias de conexão com o Rio do Atalho.

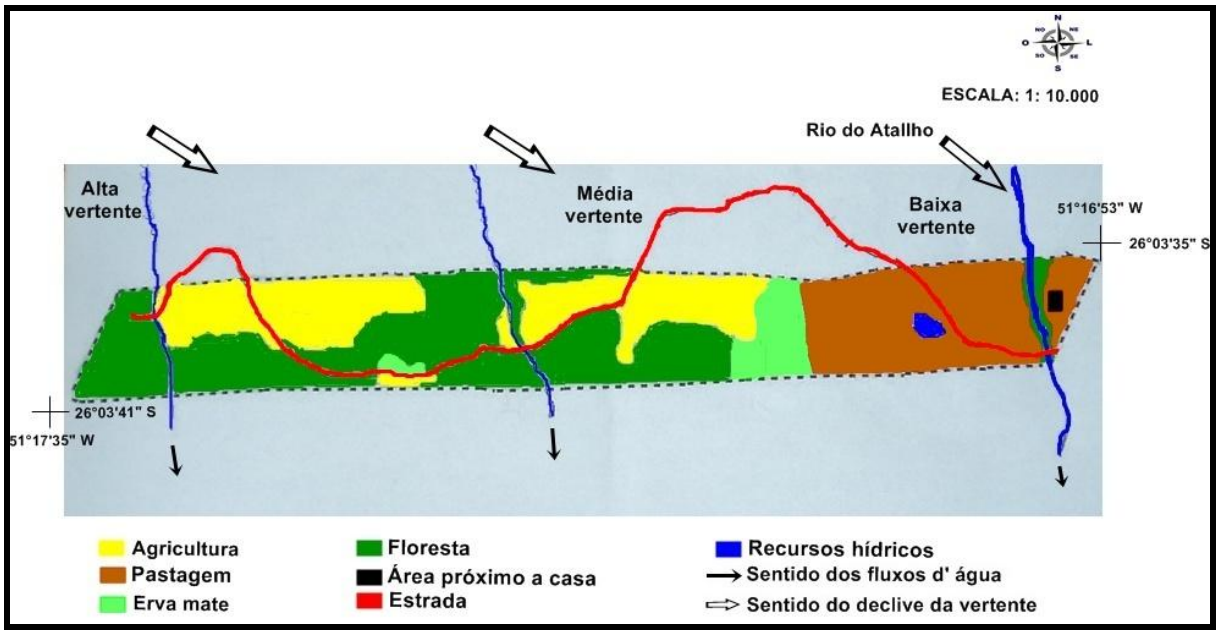


FIGURA 10 – Mapa de uso e ocupação do solo na propriedade representativa na Bacia do Rio do Atalho, PR.
Org: O autor, 2010.

Nesses sistemas de agricultura de subsistência, o uso de equipamentos agrícolas de baixo custo é fundamental para o desenvolvimento das atividades durante a safra.

Na figura 11 são identificados alguns dos principais equipamentos utilizados na propriedade representativa da Bacia do Rio Atalho. Na figura 11 a, vê-se um arado de tração animal utilizado para revolver o solo e cobrir as ervas daninhas; na figura 11 b, uma grade de discos de tração animal que ajuda a nivelar o solo revolvido pelo arado; na figura 11 c, nota-se uma plantadeira manual de maior uso

FIGURA 11 – Equipamentos utilizados em agricultura de subsistência: a) Arado tração animal; b) Grade de discos tração animal; c) Plantadeira manual; d) Enxada; e) Plantadeira tração animal; f)Capinadeira; g) Foice.
Fonte: O autor, 2010.

em locais muito íngremes e com predomínio de rochas; na figura 11 d, verificou-se uma enxada utilizada para o preparo do solo e para contenção das ervas daninhas; na figura 11 e, uma plantadeira de tração animal com uso frequente em glebas com menor declividade e solos com menor proporção de blocos de rochas; na figura 11 f, pode ser visto uma capinadeira, equipamento útil na contenção das ervas invasoras, movido pela força da tração animal; na figura 11 g, pode ser identificado uma foice que é utilizada para o corte da vegetação.

São ferramentas que ainda estão presentes junto aos métodos de cultivo, devido às características do relevo ondulado ou montanhoso e aflorado de rochas, que dificultam uma mecanização intensiva, por falta de condições financeiras para adquirir novos implementos de cultivo.

O uso constante desses equipamentos rudimentares em meio às terras repletas de rochas causa quebras frequentes. Entretanto, é importante salientar que esses equipamentos ajudam a diminuir os esforços físicos manuais dos produtores no preparo e cultivo do solo.

Com a identificação de que as características do uso do solo na propriedade são similares as demais propriedades da bacia, utilizou-se a mesma, como área representativa para mensurar a erosão. Na seção de metodologia são apresentados os procedimentos para o desenvolvimento de desse trabalho.

CAPITULO 3

METODOLOGIA

Na presente pesquisa primeiramente foi seguido o método empírico com a escolha da área de análise (Bacia do Rio do Atalho e uma propriedade rural representativa na referida bacia), a seleção dos instrumentos a serem instalados para mensurar os processos e o número de amostras para cada tipo de uso do solo.

A escolha dessa bacia, foi de acordo com o proposta de Botelho et al. (1999), com a seleção de uma bacia que possua características físicas e socioeconômicas representativas da região, servindo como parâmetro para o desenvolvimento de projetos de planejamento, podendo indicar práticas agropecuárias que diminuam a degradação do solo.

Para caracterizar a microbacia foi feito um levantamento prévio com as características naturais: do solo, clima, cobertura vegetal, rede hidrográfica, principais usos do solo e características socioeconômicas dos produtores levantadas com questionário aplicado em todas as propriedades da bacia (ver modelo no anexo A).

3.1 LEVANTAMENTO CARTOGRÁFICO

Para aplicar as mensurações e desenvolver a pesquisa, optou-se pela escolha de uma bacia hidrográfica com características que retratam bem a realidade do município e da própria região. De início foi feito um trabalho de campo para obter um diagnóstico da área e das características de uso e ocupação do solo. Os softwares utilizados para elaboração do material cartográfico foram o Arc View versão 3.2 e o ENVI 3.6.

O mapa de delimitação da bacia foi desenvolvido com base na Carta de União da Vitória, disponibilizada em formato digital pelo IBGE, folha SG-Y-B-III, escala 1:100.000. Com o uso do Arc View, foi realizada a delimitação do Rio do

Atalho, da estrada Independência, da estrada do Atalho e da PR 447, tomando como base, as curvas de nível com equidistância de 20 metros. Com o programa ENVI 3.6 foi realizada a georreferência da carta topográfica, sendo coletados quatro pontos de controle a partir da mesma carta no formato analógico, os quais foram acrescidos na carta digital, para que esta fosse georreferênciada.

Usando como base as coordenadas da carta topográfica georreferenciada, o mapa de declividade do ITCG, escala 1:50.000, foi georreferenciado no Arc View, sob o qual foram acrescidos os vetores da Bacia Hidrográfica do Rio do Atalho e o próprio Rio do Atalho, para obtenção do mapa de declividade da área de estudo. As classes dos níveis de declividade foram delimitadas conforme a proposta de Larach et al. (1984) de 0 a 3%, 3% a 8%, 8% a 20%, 20% a 45% e acima de 45%.

A elaboração do mapa de uso do solo foi baseada nas imagens do Google Earth 2008, mais o levantamento em campo. As imagens do Google Earth foram divididas em áreas e impressas com um zoom que permitisse a identificação dos usos. De forma manual, foi realizada a classificação qualitativa, na sequência as imagens foram agrupadas e digitalizadas. Com o Arc View e o ENVI, foram delimitadas as classes de uso seguindo a recomendação do IBGE (2006), com as seguintes cores no mapa:

- Agricultura = amarelo;
- Pastagem = marrom;
- Floresta = verde;
- Estradas = vermelho;
- Água = azul.

3.2 MAPA DE CAPACIDADE DE USO DA TERRA

O sistema de capacidade de uso da terra é uma seleção técnica-interpretativa, mostrando classes de solos baseado em critérios físicos da área, onde os aspectos socioeconômicos não são considerados. Essas classes vão

indicar o que pode ser produzido em cada área com máxima produtividade sem que haja o risco do solo ser degradado pela erosão acelerada (LEPSCH et al., 1983).

As primeiras aproximações de classificação de uso no Brasil foram baseadas nas desenvolvidas nos Estados Unidos, sendo produzido um manual com a aptidão agrícola, contendo a recomendação das classes de uso (LEPSCH, 1983).

Segundo Lepsch et al. (1983) são 8 as classes de capacidade de uso da terra. No quadro 3, as classes são apresentadas com as características do solo, possibilidade de uso e restrições

GRUPO A: Terras aptas a cultivos intensivos anuais, culturas perenes, pastagens e reflorestamento e vida silvestre.	
CLASSE I	Sem problemas especiais de conservação. Caracterizam-se por apresentar solos profundos, boa retenção de água, média a alta fertilidade, declividade inferior a 2% ou (subclasse A), baixa suscetibilidade à erosão.
CLASSE II	Problemas simples de conservação. Caracterizam-se por apresentar solos profundos, com pequenas restrições de drenagem, média fertilidade, declive de 2 a 5% ou (subclasse B), baixa suscetibilidade a erosão.
CLASSE III	Problemas complexos de conservação. Caracterizam-se por apresentarem de média profundidade com presença de blocos de rochas, com média retenção de água e de média a baixa fertilidade, declividade de 5 a 10% ou (subclasse C), grandes riscos de erosão.
CLASSE IV	Problemas complexos de conservação. Caracterizam-se por apresentarem solos rasos, com pedregosidade entre 30 a 50%, baixa retenção de água, baixa fertilidade, declive de 10 a 15% ou (subclasse D), grande suscetibilidade a erosão.
GRUPO B: Terras impróprias para cultivos intensivos, mas adaptadas para pastagens e reflorestamento.	
CLASSE V	Sem problemas de conservação, mas necessária a adoção de técnicas especiais ao cultivo. Caracterizam-se por apresentar solos rasos, mal drenados, declividade suave, não suscetível à erosão.
CLASSE VI	Problemas complexos de conservação. Caracterizam-se por apresentar solos rasos a mediamente profundos, baixa fertilidade, declividade de 5 a 15% ou (subclasses C e D), moderada a alta suscetibilidade a erosão. Apto para pastagem, reflorestamento ou vida silvestre.
CLASSE VII	Problemas complexos de conservação. Caracterizam-se por apresentar solos bem rasos, baixa fertilidade, declividade superior a 20%, alta suscetibilidade a erosão. Indicados para reflorestamento ou vida silvestre. Em geral inadequado para pasto.
GRUPO C: Terras indicadas somente para preservação.	
CLASSE VIII	Problemas complexos de conservação, constituídas por terrenos áridos, muito acidentados e escarpados, pedregosos, ou encharcados. Apto, para produção de vida silvestre.

QUADRO 3 – Capacidade de uso da terra de acordo com as características das classes.
Fonte: Adaptado de Lescph et al. (1983, p. 41-47).

A classe I não apresenta limitações para uso, com leves cuidados de manejo; a classe II requer algumas práticas de conservação; a III necessita de cuidados especiais para conter os processos erosivos; a IV precisa de práticas complexas de conservação quando cultivada; a classe V apresenta restrições de cultivo devido ao excesso de água com baixas declividades, não apresentando sérios riscos de erosão; a classe VI é apta para pastagens e reflorestamento; a VII é indicada para reflorestamento e inadequada para pastos e a VIII, é somente para produção da vida silvestre (QUADRO 3).

Ainda são destacadas as subclasses, sendo elas limitações referentes à erosão: risco dos processos acontecerem (declividade), formas (laminar, sulcos e voçorocas); limitações relativas ao solo (profundidade, afloramento de rochas); limitações hídricas (excesso ou falta); e limitações climáticas (secas prolongadas, geadas etc.) (LEPSCH et al., 1983).

A capacidade de uso da terra requereu uma seleção e caracterização interpretativa da área, também denominado de levantamento utilitário do meio físico. Essa classificação técnica interpretativa tem uma fórmula mínima para o detalhamento do meio físico, com elementos obrigatórios a serem identificados no levantamento (LEPSCH et al., 1983).

Equação 1 – Fórmula mínima para levantamento de capacidade de uso da terra proposto por Lepsch et al. (1983):

$$\frac{pr - t - p}{d - e} - (\text{fatores limitantes}) - (\text{uso atual do solo})$$

No qual:
pr = profundidade efetiva;
t = textura;
p = permeabilidade;
d = classe de declividade;
e = erosão;
fatores limitantes = subclasses (materiais rochosos, fertilidade, excesso ou falta de água e condições climáticas);

uso atual do solo = tipo de uso (agricultura, pecuária, reflorestamento).

Para a Bacia do Rio do Atalho e, em específico, para a propriedade rural representativa, foi aplicada a metodologia proposta por Lepsch et al. (1983), classificando o meio físico em glebas, sendo desenvolvido por meio de croquis com o levantamento e detalhamento em campo desses elementos que compõem a formula mínima obrigatória.

A profundidade efetiva do solo foi avaliada com o uso de um trado e com a verificação da espessura do solo em cortes de estradas. Para caracterização da textura e densidade, foram encaminhadas amostras de solo junto ao IAPAR. Já a permeabilidade, declividade, erosão, fatores limitantes e uso atual, puderam ser caracterizados através da observação em campo.

Essas informações geradas no meio físico foram organizadas em glebas através de croquis, e com uso dos softwares Arc View versão 3.2 e do ENVI 3.6. Foram elaborados os mapas de aptidão de uso da terra para a bacia e para a propriedade representativa.

3.3 MENSURAÇÃO DE EROSÃO

A quantificação das perdas de solo por diferentes usos torna-se ferramenta de fundamental importância para empregar técnicas de controle da erosão (MOREIRA et al., 2006). Para Bertoni e Lombardi Neto (1999), com a avaliação da magnitude da degradação do solo pelos processos erosivos, propicia-se a identificação das principais formas erosivas, sua espacialização na área e o grau de redução da capacidade produtiva das terras.

De acordo com Lane et al. (1992) ao estabelecer técnicas de mensurações, obtém-se estimativas que permitem identificar a dimensão dos impactos antes da introdução de novas culturas vegetais. Essas, geralmente são feitas em resposta à baixa produtividade das terras ocupadas e depauperadas química e fisicamente.

Thomazine (2004) destaca que o Brasil perde anualmente aproximadamente 500 milhões de toneladas de solo. É através das mensurações que se podem estabelecer esses dados de referência.

3.3.1 Pino de erosão nos diferentes usos do solo

Para mensuração dos processos erosivos na propriedade representativa da Bacia do Rio do Atalho, utilizou-se parcelas com pinos de erosão. Os pinos de erosão, como técnica de mensuração, foram usados pela primeira vez por Wolman em 1959 (ROCHA et al., 2008). A técnica consiste na inserção de pinos na superfície a ser avaliada durante 1 ou 2 anos. A resultante é adquirida com o aumento da exposição dos pinos no ambiente (GUERRA, 2005).

Com isso pode ser mensurado a exposição dos pinos, ou seja, a dimensão em centímetros e milímetros do total de solo removido do local. No estudo de caso na Bacia do Rio do Atalho, os monitoramentos foram feitos a cada um ou dois meses, medindo-se com uma régua as variações em todos os pinos, que foram monitorados durante um ano, entre julho de 2009 a julho de 2010.

As formas de aplicação do método seguem os interesses e as características do local a ser mensurado. Desta forma, para avaliar a produção de sedimentos na propriedade representativa, utilizou-se vergalhões de ferro de 4,2 milímetros de diâmetro com 20 centímetros de comprimento, sendo inserido 15 cm no solo e 5 cm ficou exposto. A instalação foi feita em parcelas medindo 2 m x 2 m. Foram instaladas 3 parcelas para cada tipo de uso do solo que são: áreas de lavoura de milho, pastagem, plantio com erva-mate e área de quintal (horta, pomar e jardim) (FIGURA 12). Em todas as áreas foram instaladas 3 parcelas com 15 pinos (vergalhões de ferro). Os pinos foram colocados em linhas, 5 linhas com 3 pinos para cada área, com espaçamento entre os pino de aproximadamente 50 cm.

As três parcelas na lavoura de milho estão localizadas no alto da vertente, alinhadas horizontalmente em relevo convexo com 27% de declividade, sendo a distância entre as parcela de 3 metros.

Na área de erva-mate, as parcelas estão localizadas em média vertente com duas linhas horizontais, na superior com uma e na inferior com duas parcelas, sendo a distância entre ambas de 4 metros. A declividade é de 30% e o relevo possui largura convexa e comprimento retilíneo.

O local de pastagem ocupa área de baixa vertente, com as três parcelas localizadas em relevo de comprimento retilíneo e largura convexa, 15% de

declividade em duas linhas horizontais, a superior com uma e a inferior com duas parcelas, sendo a distância entre ambas de 10 metros.

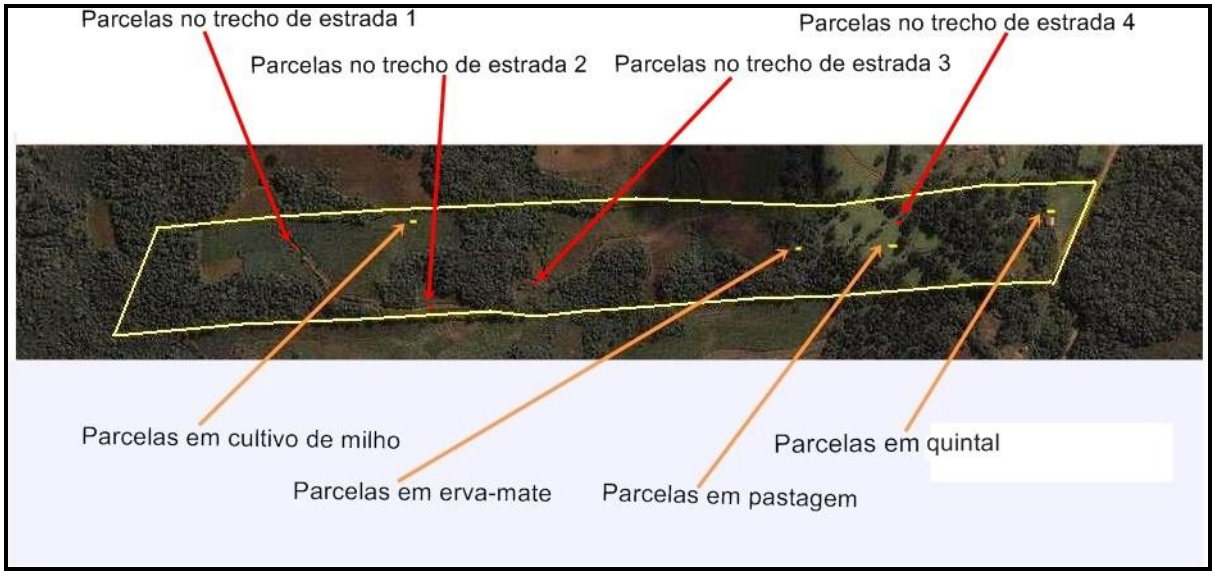


FIGURA 12 – Localização das parcelas dentro da propriedade representativa.
Fonte: Google Earth, 2008.
Org: O autor, 2010.

A área de quintal tem menor dimensão e para a colocação das parcelas, foi necessário áreas de 4 m^2. As parcelas foram colocadas de forma aleatória, com distância entre ambas de 8 metros. O local ocupa uma porção do relevo retilíneo com 3 níveis de declividade: 5% (parcela1), 8% (parcela 2) e 15% (parcela 3). Devido ao tamanho reduzido da área, não pode ser colocado as 3 parcelas no mesmo nível de declividade.

3.4 MENSURAÇÃO DE EROSÃO EM ESTRADAS RURAIS

As mensurações nos sistemas viários da bacia são primordiais para a quantificação do total dos processos erosivos, pois na referida área de estudo, os caminhos e estradas têm grande importância na produção de sedimentos. Todas as propriedades têm pelo menos uma estrada que liga as vertentes ao rio principal. Ao

total na bacia são 78,52 km sem pavimentação e 14,15 km de estradas com “cascalho”.

Para a mensuração nas redes viárias foram escolhidos seis trechos de estrada, sendo um da estrada principal da bacia com “cascalho”, que interliga a comunidade à PR 447, um trecho de uma estrada pavimentada com “cascalho” dentro de uma propriedade e quatro trechos de estradas não pavimentadas. Essas últimas são vias secundárias que ligam as propriedades, lavouras e pastagens à estrada principal.

O estudo nos dois trechos de estrada com “cascalho” foi realizado na tentativa de verificar se auxilia a diminuir as perdas de solo e se é viável para as demais estradas. Visto que a estrada principal da bacia tem esse tipo de revestimento e por ela circulam toda a produção agropecuária da bacia, necessitando que esteja em bom estado de conservação. Além disso, segundo a Secretária Municipal de Transportes do Município de Cruz Machado, a cidade conta com 6.253 km de estradas com essas características (cascalhada), sendo utilizadas diariamente pelo transporte escolar.

Em cada trecho mensurado de estrada fez-se a caracterização dos mesmos, sua localização na vertente, tipo de relevo, declividade, comprimento do trecho e distância entre os perfis (QUADRO 4).

Trecho da Estrada	Setor da vertente	Características do setor	Declividade (%)	Comprimento do trecho (m)	Largura do trecho (m)	Distância entre os perfis(m)
1	Alta	Convexo	20	140	4,10	13
2	Alta	Côncavo	10	168	4,30	6
3	Alta	Convexo	20	71	3,80	5
4	Média	Patamar	20	287	4,70	50
5	Baixa	Retilíneo	15	154	4,50	40
6	Média	Côncavo	16	209	5,20	41

QUADRO 4 – Caracterização dos trechos de estradas.
Fonte: O autor, 2010.

A mensuração da erosão nas estradas foi conduzida com o monitoramento de três seções para cada trecho de estrada, no qual, foram avaliados os processos erosivos nos barrancos e no leito das estradas.

3.4.1 Pino de erosão em barrancos de estradas

Para a mensuração da erosão nos barrancos dos trechos de estradas também foram utilizadas parcelas com pinos de erosão, sendo que para essas, o tamanho dos pinos é de 50 cm, 45 cm no solo e 5 cm expostos, devido à possibilidade da queda de blocos dos barrancos e perda do pino. Nesse caso, são duas parcelas de pinos para cada perfil da estrada, uma para cada lado dos barrancos. Em média foram colocados 6 pinos para cada parcela com duas linhas horizontais de 3 pinos. O tamanho dessas parcelas é de 50 cm de largura e 1 metro de comprimento. A distância dos pinos fica em torno de 50 cm, tanto na parte horizontal como na vertical (FIGURA 13). Ao todo foram colocadas e mensuradas 36 parcelas em trechos de barrancos de estradas.

FIGURA 13 – Características das parcelas nos barrancos das estradas
Fonte: O autor, 2011.
Nota: Parcela 2, no trecho de estrada 4.

A medição do aumento da exposição dos pinos foi feita com uma régua métrica de 30 cm de comprimento, e os procedimentos foram realizados com intervalos de 1 e 2 meses. Para os períodos com tendência de maior concentração de eventos chuvosos, as amostragens foram mensais.

3.4.2 Mensuração de erosão em estradas através do perfil topográfico

Os perfis, para o procedimento de avaliação, foram mensurados durante um ano. Primeiro foram colocados estacas nos dois lados dos barrancos que serviram como referência para todas as coletas. Em seguida, foi colocada uma trena esticada na estaca de um lado do barranco até a estaca do outro lado. A avaliação dos perfis foi feita com base na trena esticada em direção ao solo e a cada 25 cm, foram tirados as medidas com o uso de uma régua métrica de 2 metros. Este procedimento foi executado em todos os trechos das estradas mensuradas (FIGURA 14).

FIGURA 14 – Procedimento para mensurar o perfil das estradas.
Fonte: O autor, 2010.
Nota: Parcela 2, no trecho de estrada 1.

O trecho 2 da estrada mensurada tem a destinação dos sedimentos num local côncavo em meio à vegetação com aproximadamente 25 m². Nesse local, no mês de julho de 2009, foram colocadas 3 estacas de 30 cm para o monitoramento do acúmulo de solo durante o período das mensurações nos demais trechos das estradas.

3.5 ESTIMATIVAS DE REMOÇÃO DE SOLO

A análise estatística foi baseada em Vieira (1980), os dados foram tabulados e tratados por meio do software Excel 2007. Obtendo-se a exposição final por pino de erosão, a média final por parcela em cada tipo de uso do solo e o desvio padrão para os dados.

As mensurações foram anotadas com frequência de um ou dois meses. Nos meses com maior concentração dos índices pluviométricos, as leituras foram mensais. Os dados iniciais foram obtidos em julho de 2009, com a instalação dos experimentos. A partir desses dados, em cada nova leitura, foram estabelecidas médias de remoção de solo nos pinos ou de rebaixamento do perfil das estradas.

Para calcular a magnitude da exposição de cada pino e perfil foi utilizada a fórmula adaptada da proposta de (ANTONELI et al., 2009): dados da coleta subtraídos pelos dados da mensuração anterior. Exemplo:

Equação 2 – Magnitude de remoção do solo em cada pino baseado em Antoneli et al. (2009):

$$E = Pe - Pi$$

Onde:

E = Exposição dos pinos ou perfil pela erosão em (cm);
Pe = exposição do pino (cm);
Pi = comprimento inicial do pino (5 cm).

Com essa equação obteve-se os resultados para cada pino ou medidas dos perfis. Também foram estabelecidas médias para cada parcela com a soma das variáveis dos 15 pinos ou de todas as medidas do perfil, dividindo pelo total dos mesmos em cada uma, resultando na média para o período de coleta. Exemplo na formula:

Equação 3 – Média de remoção do solo de cada parcela e perfil proposto por Vieira (1980):

$$M = \frac{Et = (5,1+ 5,2 +.... 5,3)}{Tp}$$

Onde:

M = Médias para cada parcela ou perfil;
Et = Soma da exposição dos 15 pinos ou de todas mediadas do perfil pela erosão em (cm); durante o período de mensuração;
Tp = Total de pinos ou medidas do perfil.

Segundo Thomaz (2008) e Thomaz e Antoneli (2008), com dados da densidade do solo pode ser avaliado a quantidade de solo removido por área em kg/m², com base na equação a seguir:

Equação 4 – Erosão ou acúmulo de solo em kg/m² baseado em Thomaz e Antoneli (2008):

$$E= R \times Ds$$

Onde:

E = erosão ou acúmulo de solo em (kg/m²);
R = rebaixamento da superfície em (mm);
Ds = Densidade do material (g/cm³).

Os resultados e discussões são apresentados em forma de tabelas, contendo as médias de perda de solo para cada parcela durante o ano de monitoramento, com médias em quilograma por metro quadrado e o Desvio Padrão.

3.6 ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO

Nos pontos de monitoramento, também foram realizadas análises física e química do solo, sendo que a área de agricultura de erva-mate e pastagem são locais estratégicos, pois cada gleba corresponde a faixas de diferente classificação quanto à aptidão para o uso.

A coleta de solo foi efetuada com base nas indicações de Silva (1997), onde para representar adequadamente uma área, deve-se tirar 10 amostras de solo para representar até 2 ha, 15 amostras para representar 4 ha e 20 amostras para representar até 8 ha. Para cada área em análise foram tiradas 10 amostras, a lavoura tem área de 3,24 ha, erva-mate de 0,67 ha e a pastagem de 3,51 ha.

Os pontos de coleta das amostras foram estabelecidos em forma de ziguezague, recomendação de Silva (1997). Para a coleta foi utilizada uma pá, uma faca para retirar as laterais, um recipiente para mistura das amostras e saquinhos plásticos para destinação final. Em cada um dos pontos de coleta, foram retirados cerca de 100 g de solo, colocados no recipiente e misturados. Em seguida, retirou-se cerca de 300 gramas que foram inseridos no saquinho plástico. Para as análises de densidade global foram utilizados anéis volumétricos com a coleta de amostras indeformadas de solo para cada local de mensuração.

Posteriormente, as amostras foram enviadas para o laboratório da análise de solos do IAPAR em Ponta Grossa, para análise física (granulometria e densidade) e química de rotina. Os resultados são apresentados no capitulo 4: em resultados e discussões.

3.7 MONITORAMENTO DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

O acompanhamento das precipitações pluviométricas foi realizado com a instalação de três pluviômetros (tipo cone) em diferentes pontos da bacia, sendo um na propriedade representativa. Como os índices dos 3 pluviômetros obteve-se as médias das precipitações para os períodos de mensuração. Os pluviômetros têm a forma de taça, com escala em milímetros (mm), com capacidade de até 150 mm. Os mesmos foram colocados sobre hastes de madeira para fixação em áreas abertas, para não haver influência da vegetação ou de obstáculos nos resultados.

Após cada evento chuvoso foi realizada a coleta dos dados em milímetros (mm), somando-se os índices das precipitações para cada período de coleta. Com isso, foi possível comparar as variáveis de remoção do solo com os índices pluviométricos.

CAPITULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em todos os experimentos esperaram-se resultados dentro das expectativas iniciais ou além delas, “nos sistemas geomorfológicos a habilidade de mensurar pode sempre exceder a habilidade de prever ou explicar” (LEOPOLD e LANGBEIN, 1963, p. 191. In: GREGORY, 1992, p. 100).

De acordo com Pereira (2002), um estudo realizado sobre a capacidade de uso do solo no estado de São Paulo, apresentou 77,73% das terras propícias para agricultura, 15,55% com indicação para pastagem e 2,97% que devem ser destinados para preservação da flora e fauna.

Com essa expectativa é que foi desenvolvido este trabalho avaliando os processos erosivos, suas dimensões e principais pontos de ocorrência, tendo como proposta final, o mapa de aptidão de uso da terra para a Bacia do Rio do Atalho e, um em específico, para a propriedade rural representativa.

4.1 CAPACIDADE DE USO DA TERRA NA BACIA DO RIO DO ATALHO, PR

A caracterização das terras em uma bacia hidrográfica é de significativa importância para o uso dos recursos naturais e para diminuição da degradação do meio ambiente. Para Mendonça; Lombardi Neto e Viégas (2006, p. 889):

> Na elaboração de planejamentos agroambientais exigem-se, dentre outras informações, aquelas relacionadas ao diagnóstico físico, envolvendo aspectos do solo, clima, relevo, vegetação, recursos hídricos etc. Deste modo, através de metodologias orientadas para avaliação das terras é possível se estabelecer as alternativas de uso agrícolas mais adequadas, garantindo a produção e controlando a erosão, por um tempo indeterminado.

Com base nestas considerações, a figura 15 traz o resultado do mapa de capacidade de uso da terra para a Bacia do Rio do Atalho – PR, seguindo a

proposta de Lepsch et al. (1983), com o levantamento utilitário do meio físico e agrupamento em diferentes cores, para as 08 classes encontradas de capacidade de uso da terra.

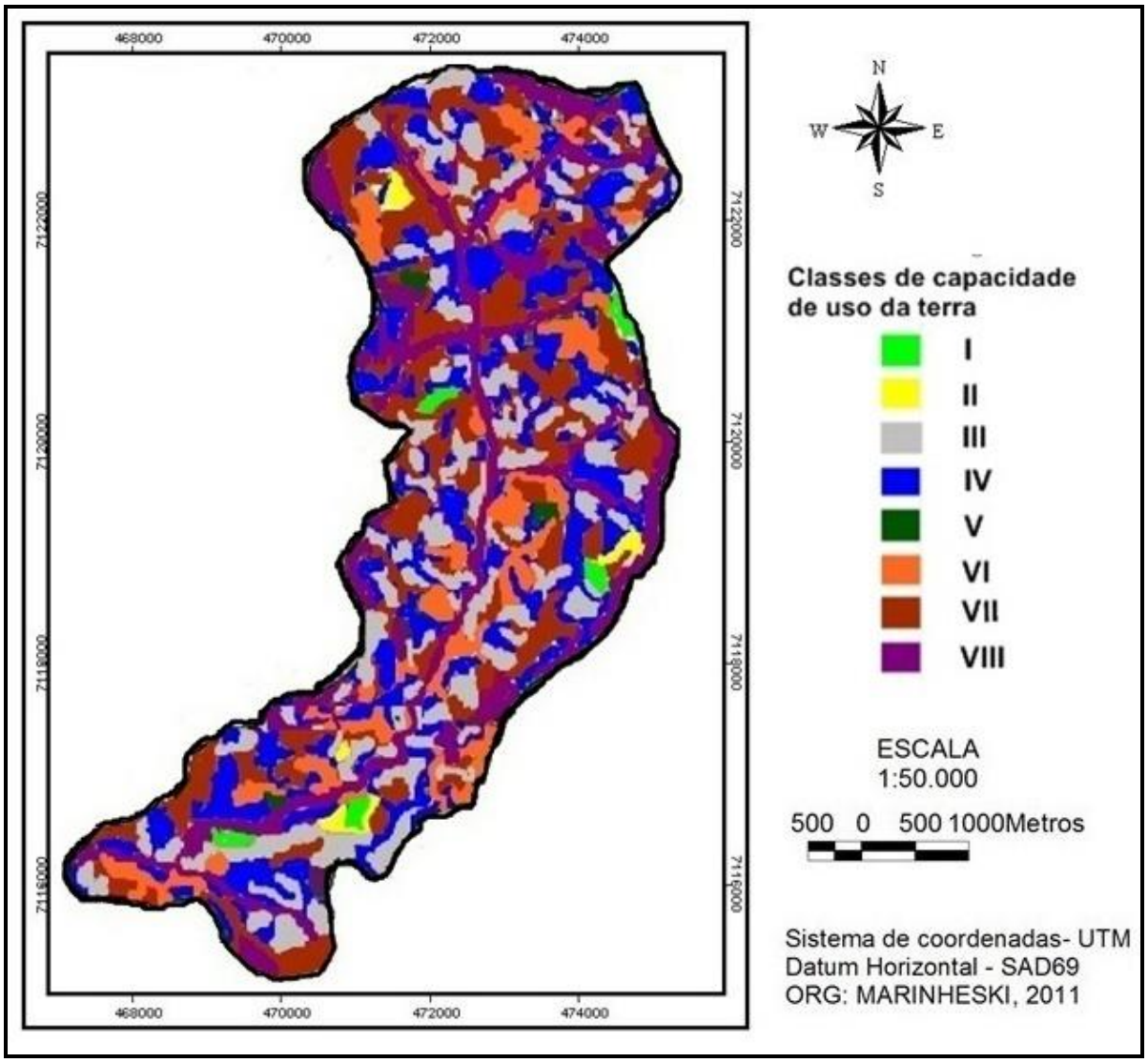


FIGURA 15 – Mapa de capacidade de uso da terra para da Bacia do Rio do Atalho, PR.
Org: O autor, 2011.

As classes I e II juntas, representam pequena dimensão de área da bacia com 52,07 ha ou 2,51% (TABELA 3). Caracterizam-se por apresentarem solos com média espessura e fertilidade (Cambissolo), com pequena presença de materiais rochosos e com menor declividade, não oferecendo riscos acentuados de erosão,

podendo ser utilizadas para agricultura com alguns cuidados (uso de práticas agrícolas de conservação do solo).

TABELA 3 – Classes de capacidade de uso da terra para da Bacia do Rio do Atalho, PR.

Classes de Capacidade de uso	Área		Uso atual	Uso máximo recomendado
	Hectares	(%)		
I	**29,67**	**1,43%**	**Floresta, pastagem e culturas anuais**	**Sem restrições**
II	**22,40**	**1,08%**	**Floresta, pastagem e culturas anuais**	**Culturas anuais**
III	**457,48**	**22,05%**	**Floresta, pastagem, culturas anuais e permanentes**	**Culturas anuais com cuidados especiais em em relação a erosão**
IV	**471,18**	**22,71%**	**Floresta, pastagem, culturas anuais e permanentes**	**Culturas anuais (ocasionalmente)**
V	**10,79**	**0,52%**	**Floresta e açude**	**Culturas permanentes (ocasionalmente)**
VI	**239,43**	**11,54%**	**Floresta, pastagem, culturas anuais e permanentes**	**Culturas permanentes e pastagem**
VII	**506,25**	**24,4%**	**Floresta, pastagem, culturas anuais e permanentes**	**Culturas permanentes e pastagem (ocasionalmente)**
VIII	**337,57**	**16,27%**	**Floresta, pastagem, culturas anuais e permanentes**	**Proteção da flora e fauna**
Área total	**2074,77**	**100,00%**		

Fonte: O autor, 2011.

As glebas que apresentam a classe III abrangem 457,48 ha ou 22,05% do total da área da bacia (TABELA 3). As terras incluídas nessa classe podem ser

utilizadas para cultivos, desde que sejam adotadas técnicas especiais de conservação do solo por apresentarem grande susceptibilidade aos processos erosivos (declividades moderadas, locais com presença de materiais rochosos, solos de média fertilidade e profundidade, com predomínio de Cambissolos).

Com 471,18 ha ou 22,71% da área da bacia, a classe IV proporciona riscos intensos de erosão devido às declividades acentuadas, predominando o Neossolo Litólico (solos rasos e com baixa fertilidade), com abundante presença de materiais rochosos blocos e matacões. Cultivos nessas glebas, classificadas com a classe IV, somente devem ser realizados em casos excepcionais e com adoção conjunta de técnicas para controlar a erosão.

Os locais com identificado da classe V, mesmo que estejam em áreas planas, são restritos para cultivos por apresentarem solos com presença constante de água ou afloramento de rochas, podendo ser utilizadas para pastagem ou reflorestamento. Na Bacia do Rio do Atalho essa classe tem pequena dimensão da área, representada com 10,79 ha ou 0,52% (TABELA 3).

As glebas com a classe VI abrangem 239,43 ha ou 11,54% da área da bacia. São impróprias para o cultivo devido às características do relevo, tais como, declividades acentuadas, solos rasos e de baixa fertilidade, maior parte de Neossolo Litólico, grande presença de materiais rochosos e riscos severos de erosão. É indicada para cultivos permanentes, pastagem, reflorestamento ou culturas comerciais como a erva-mate.

As áreas demarcadas com a classe VII apresentam terras com grandes limitações para qualquer tipo de uso (declividades acentuadas), com finas camadas de solo (Neossolo Litólico), elevada associação de rochas entre blocos, matacões ou afloramento de camada de rocha ainda não transformada em solo. Somente pode ser utilizada para culturas permanentes ou pastagem com práticas redobradas para evitar a erosão. A classe VII é a que tem maior abrangência no total da área da bacia, com 506,25 ha ou 24,4% (TABELA 3).

Já a classe VIII é imprópria para qualquer uso comercial por estar em área de preservação permanente ou por apresentar relevo com declividades muito acentuadas e riscos severos de erosão. Deve ser utilizada para preservação da flora e fauna. Na Bacia do Rio do Atalho, grande parte das terras enquadradas na casse VIII são destinadas para preservação permanente de florestas. O total dessa classe representada é de 337,57 ha ou 16,27% (TABELA 3).

O mapa de capacidade de uso da terra na Bacia do Rio do Atalho – PR (figura 15) fornece subsídios relevantes para o auxílio quanto aos melhores usos do solo. Com a identificação das limitações físicas do relevo que se obteve a indicação dos locais apropriados para a agricultura, pastagem, reflorestamento ou áreas de preservação permanente. Na tabela 3, pode ser identificada a dimensão que cada classe representa em área e sua porcentagem.

As principais limitações de uso da terra na Bacia do Rio do Atalho referem-se às declividades acentuadas sujeitas a severos riscos de erosão, solo de baixa fertilidade e com finas camadas em meio a materiais rochosos.

Identificou-se que 16,27% da área da Bacia do Rio Atalho devem ser destinados para proteção da flora e fauna (TABELA 3); 36,46% têm aptidão para culturas permanentes e pastagens; 47,27% apresentam aptidão para agricultura, sendo que desses 47,27%, 22,71% pertencem à classe IV, e somente devem ser utilizados para cultivos em casos excepcionais, com cuidados especiais para evitar a degradação do solo pela erosão. Por outro lado identificou-se que em 52,21% da área da bacia têm-se conflitos entre o atual e o uso máximo recomendado. As classes VI, VII, e VIII, por exemplo, estão sendo ocupadas com culturas anuais, quando, de acordo como mostrou a tabela 3, as mesmas deveriam receber outro tipo de uso.

Esses estudos também podem ser realizados em áreas de menor dimensão territorial como, por exemplo, em pequenas propriedades rurais que auxiliarão na gestão de áreas menores.

4.1.1 Capacidade de uso da terra na propriedade rural representativa

Na figura 16, é apresentado o mapa de capacidade de uso da terra para a propriedade representativa na Bacia do Rio do Atalho – PR. O referido mapa é o resultado do levantamento utilitário do meio físico da propriedade. As diferentes classes de capacidade de uso para este estudo caracterizam-se por cores diferentes no mapa, seguindo a recomendação de Lepsch et al. (1983).

De acordo com Lepsch et al. (1983) as classes de capacidade de uso da terra na propriedade representativa variam de III à VIII (figura 16), sendo que na

classe III, as terras podem ser utilizadas para qualquer tipo de cultivos, precisando de técnicas de conservação do solo por apresentarem grande risco de erosão (declividades moderadas, locais com presença de materiais rochosos, solos de média fertilidade e com pequena espessura, predomínio de Cambissolo). As glebas classificadas com a classe III, que compreendem 2,22 ha ou 16,44% do total da área da propriedade rural representativa (TABELA 4).

Abrangendo 3,02 ha ou 22,44% da propriedade, as glebas da classe IV apresentam riscos intensos de erosão devido às declividades acentuadas, solos rasos e com baixa fertilidade, tendo o predomínio do Neossolo Litólico com grande presença de blocos e matacões de rochas. A agricultura nessa classe somente deve ser praticada em casos excepcionais e com a associação de técnicas para controlar a erosão.

O local delimitado pela classe V tem 0,07 ha ou 0,55% do total da área da propriedade com restrições para cultivos por apresentar solos encharcados. A presença constante da água torna-se um fator limitador, mesmo em terras consideradas planas.

Com 4,43 ha ou 32,86% de representação da área da propriedade representativa (tabela 4), as glebas da classe VI são impróprias para o cultivo por apresentarem terras com declividades acentuadas, solos rasos e de baixa fertilidade, com predomínio de Neossolo Litólico, grande presença de materiais rochosos e riscos severos de erosão, sendo indicada para cultivos permanentes (pastagem, reflorestamento ou culturas comerciais como a erva-mate).

Na classe VII, as terras possuem constantes limitações para qualquer tipo de uso. Com declividades acentuadas, finas camadas de Neossolo Litólico, associação de rochas junto ao solo em mais de 50% entre blocos, matacões ou afloramento da camada de rocha ainda não transformada em solo, essa classe pode ser ocupada com culturas permanentes ou pastagem em casos excepcionais. A classe VII abrange 1,08 ha ou 8,00% do total da área da propriedade representativa.

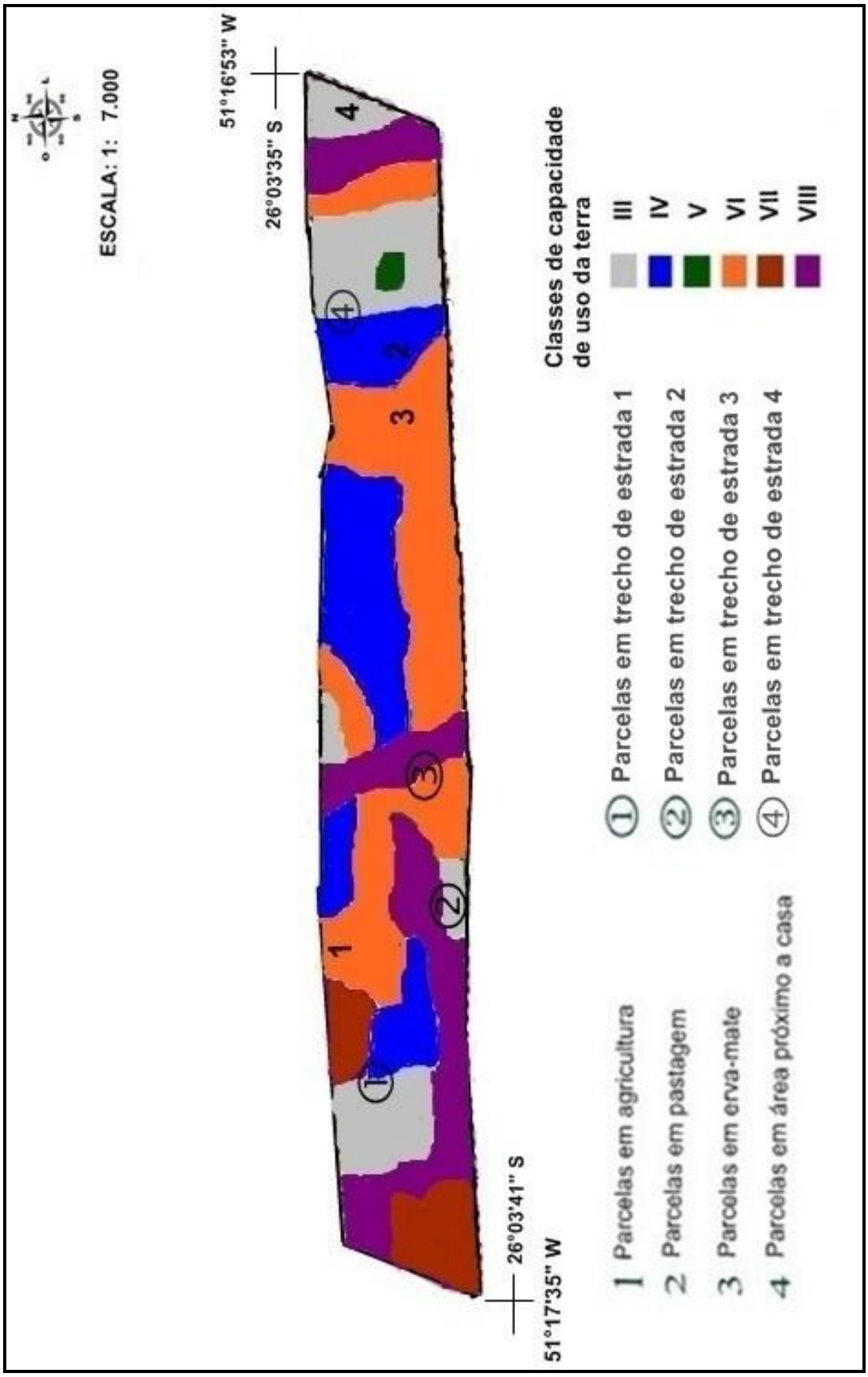


FIGURA 16 – Mapa de capacidade de uso da terra na propriedade representativa da Bacia do Rio do Atalho, PR.
Org: O autor, 2011.

As glebas identificadas com a classe VIII representam 2,68 ha ou 19,91% do total da área da propriedade rural representativa. As terras são impróprias para qualquer uso comercial por estarem em áreas de preservação permanente ou apresentarem relevos com declividades muito acentuadas e com riscos severos de erosão. Devem ser utilizadas para preservação da flora e fauna (TABELA 4).

TABELA 4 – Classes de capacidade de uso da terra para propriedade rural representativa da Bacia do Rio do Atalho, PR.

Classes de Capacidade de uso	Área		Uso atual	Uso máximo recomendado
	Hectares	(%)		
III	**2,22**	**16,44**	**Floresta, pastagem e culturas anuais**	**Culturas anuais**
IV	**3,02**	**22,44**	**Pastagem e culturas anuais**	**Culturas permanentes e culturas anuais (ocasionalmente)**
V	**0,07**	**0,55**	**Açude**	**Pastagem (ocasionalmente)**
VI	**4,43**	**32,86**	**Floresta, pastagem, culturas anuais e permanente**	**Culturas permanentes e pastagem**
VII	**1,08**	**8,00**	**Floresta e culturas anuais**	**Culturas permanente e pastagem (ocasionalmente)**
VIII	**2,68**	**19,91**	**Floresta, pastagem a culturas anuais**	**Preservação da flora e fauna**
Área total	**13,50**	**100,00**		

Fonte: O autor, 2011.

A tabela 4 apresentou a dimensão da área que cada uma das classes de capacidade de uso da terra representa na propriedade representativa. Nota-se que o relevo da propriedade tem 19,91% das terras indicadas para preservação da flora e fauna; 41,41% das terras aptas para culturas permanentes e pastagem; e 38,88%

das áreas indicadas para agricultura, sendo que dessa última, 22,44% pertencem à classe IV devendo ser destinada a agricultura apenas em casos excepcionais com uso redobrado de técnicas que controlam a erosão. Identifica-se também, que em 60,77% da área da propriedade representativa são encontrados conflitos de uso atual com o máximo recomendado. As classes VI, VII, e VIII também estão sendo ocupadas com culturas anuais e seus usos máximo recomendados não permitem esse tipo de uso. De forma geral, a propriedade representativa tem como predomínio, a capacidade de uso da terra para culturas permanentes (pastagem e reflorestamento).

Outros aspectos como as características físicas e químicas do solo, além da adubação necessária para determinado tipo de uso da terra, são importantes para garantir o bom manejo do solo e obter maior produtividade em um sistema de capacidade de uso da terra.

4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO

Os diferentes usos do solo influenciam nas características de fertilidade e disponibilidade de minerais para as plantas. Desse modo, nos locais de monitoramento dos processos erosivos foram realizadas análises químicas (de rotina) e físicas (granulometria e densidade global). No quadro 5 são apresentados os resultados da análise química das 4 áreas em que foram instaladas as parcelas de mensuração dos processos erosivos (lavoura de milho, pastagem, erva-mate e área próximo a casa).

De uma forma geral, o laudo apresentado neste quadro mostra que o solo na área de quintal apresentou a melhor fertilidade, com elevada concentração de fósforo e boa disponibilidade de potássio e cálcio, além de ser rico em matéria orgânica. Na sequência, pode-se destacar a área com lavoura de milho com pH menos ácido, mas com menor concentração de fósforo e potássio. Já a área de pastagem teve resultados com menor fertilidade e pH mais ácido, sem diferir muito da área de erva-mate, que apresentou elevada disponibilidade de matéria orgânica, essas duas não recebem nenhum tipo de adubação.

Descrição da amostra	mg/dm³	g/dm³	pH	cmol/c/dm³ de solo							%	
Local da Amostra	**P**	**C**		**Al**	**H+Al**	**Ca**	**Mg**	**K**	**SB**	**T**	**V**	**SAl**
Lavoura de milho	**6.3**	**29.20**	**5.00**	**0.05**	**4.96**	**7.20**	**3.95**	**0.28**	**11.43**	**16.39**	**69.73**	**0.43**
Pastagem	**1.3**	**27.30**	**4.40**	**1.00**	**6.21**	**2.45**	**1.65**	**0.38**	**4.48**	**10.69**	**41.90**	**18.24**
Erva-mate	**3.5**	**45.30**	**4.10**	**1.80**	**9.70**	**2.25**	**1.05**	**0.19**	**3.49**	**13.19**	**26.45**	**34.02**
Área de quintal	**21.4**	**35.10**	**4.70**	**0.20**	**5.76**	**6.90**	**2.25**	**0.38**	**9.53**	**15.29**	**62.32**	**2.05**
SB= Soma de Bases		T= Capacidade de Troca de Cátions		V= Saturação por Bases						Sal= Saturação pó Alumínio		
P – K: Mihlich I		Ca – Mg – Al: KCl M		pH: CaCl2 0,01 M						C= Walkley – Black		

QUADRO 5 – Resultados da análise química (de rotina) para os diferentes pontos de mensuração.
Fonte: IAPAR, 2010.

Em conformidade com os resultados da análise química, o local com a lavoura de milho recebe, anualmente, fertilizantes químicos junto com o plantio das safras, e reposição periódica de nitrogênio com aplicação de uréia nitrogenada, além da correção do pH, realizada há cerca de 10 anos com a aplicação de calcário.

Com relação à adubação do milho, Raij (1991) destaca que muitos agricultores utilizam adubos com grande concentração de fósforo e potássio e pouca proporção de nitrogênio, sendo este de maior necessidade para a cultura. O milho deve receber a adubação nitrogenada que, na referida área, é realizada com a adição de uréia nitrogenada colocada manualmente a lanço, com o solo úmido após eventos chuvosos.

A adubação do solo possibilita a maximização da produtividade dos locais destinados para agricultura, mas se não houver o controle dos arrastes erosivos, esses produtos químicos são transportados para fora dessas áreas e vão parar em meio às florestas, córregos e estradas. As estradas na Bacia do Rio do Atalho tornam-se vias importantes de conexão das áreas de cultivo com os córregos e rios, por isso é de fundamental importância o estudo da produção de sedimentos nesses sistemas viários.

Já a granulometria é estabelecida com a seleção, em porcentagem, de diferentes tamanhos dos materiais que compõem o solo (RAIJ, 1991). Na tabela 5 é

apresentada a escala internacional de classificação das frações granulométricas do solo.

TABELA 5 – Escala internacional de classificação das frações granulométricas do solo.

Fração	Limites dos diâmetros das partículas em mm
Argila	<0,002
Silte ou limo	0,002 - 0,02
Areia fina	0,02 - 0,2
Areia grossa	0,2 - 2
Cascalho	2 - 20
Pedras	> 20

Fonte: Raij (1991).

É importante assinalar que a granulometria pode influenciar na produtividade das culturas. Solos arenosos, geralmente apresentam pequenos teores de matéria orgânica, baixa capacidade de absorção de nutrientes e de retenção de água. Já em solos argilosos, pode acontecer o encrostamento superficial, a compactação e a falta de oxigênio em locais demasiadamente encharcados (RAIJ, 1991).

A densidade global, ou densidade aparente, evidencia a situação do solo com relação ao peso de determinado volume. A análise deve ser realizada em amostras indeformadas, refletindo também, a porosidade do material no ambiente natural.

Segundo Torres e Saraiva (1999 apud THOMAZ et al., 2008), solos com textura argilosa e abundantes em matéria orgânica apresentam densidade com média de 1,00 g/cm³. Já solos com a mesma textura, mas com manejos inadequados, possuem densidade em torno de 1,45 g/cm³, evidenciando que a densidade tem variações conforme o tipo de manejo.

Os cultivos convencionais com o uso de máquinas pesadas tendem a aumentar a densidade, compactando o solo e diminuindo a porosidade, dificultando o crescimento das raízes. Derpsch et al. (1991, p. 71-72) destaca que “com densidades aparentes inferiores a 1,20 g/cm³ problemas de enraizamento ou

aeração não são prováveis. Somente com densidades aparentes superiores a 1,25 g/cm³ é possível haver dificuldades de crescimento das raízes."

Os resultados das análises físicas (densidade e granulometria) do solo nos diferentes pontos de monitoramento da Bacia do Rio do Atalho são apresentados no quadro 6. Essa densidade foi utilizada para estimar as perdas de solo. Os dados apontam que as maiores médias de densidades estão nos perfis dos trechos de estrada 1, 2, 3 e 4 com 1,26 g/cm³, seguidas da área de pastagem com 1,24 g/cm³. O local de agricultura apresenta densidade de 1,09 g/cm³ e não apresenta limitação para o crescimento das raízes. Já os locais com menor densidade, estão nos barrancos de estrada (trechos 5, 6) e na área com erva-mate, apresentando índices abaixo de 1,00 g/cm³, com grande presença de matéria orgânica.

Ainda com base no quadro 6, pode-se comparar as diferentes porcentagens de granulometria dos pontos analisados. A área de agricultura com o cultivo de milho apresentou a menor porcentagem de argila (16,70%) e maior proporção de areia (50,20%), seguida do local com acúmulo de solo na mata, com 39,65 de areia e 37,95 de argila. Nesses casos, não significa que exista areia, mas sim, fragmentos grosseiros de rochas ígneas resultantes do baixo grau de intemperismo do solo. A área próxima a casa apresentou maior porcentagem de silte com 48,75%.Essa grande porcentagem de silte pode ser relacionada aos depósitos de sedimentos coma as cheias do Rio do Atalho, PR. Nos demais pontos de mensuração tem-se o predomínio de argila chegando a 74,00% nos barrancos dos trechos de estradas 1, 2, 3, e 4 (QUADRO 6).

As características físicas do solo ajudam a compreender as influências que os diferentes usos causam, tornando-se mais evidente, nos locais de pastagens e perfis de trecho de estradas, onde se encontra as maiores densidades. A isso, pode-se relacionar a compactação decorrente do pisoteio de animais e os diferentes fluxos de circulação nos leitos das estradas.

A granulometria pode ajudar na compreensão da dinâmica da água nessas vertentes. A área de agricultura localizada na parte alta da vertente, o solo mostrou-se repleto de materiais grosseiros (arenoso), facilitando a infiltração da água. Entretanto, a espessura do solo é menos de 50 cm. Assim, a água tende a descer vertente abaixo de forma subsuperficial devido à pressão hidrostática, e quando os volumes de água superam a capacidade de infiltração e movimentação

subsuperficial, ocorrem os afloramentos da água nos sopés das vertentes com canais intermitentes ou efêmeros.

Local da amostra	Densidade (global) g/cm³	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
Lavoura de milho	1,09	16,70	33,10	50,20
Pastagem	1,24	39,45	33,40	27,15
Erva-mate	0,87	41,40	29,95	28,65
Área de quintal	1,01	22,40	48,75	28,85
Perfis dos trechos de estrada 1, 2, 3 e 4	1,26	44,65	35,10	20,25
Barrancos dos trechos de estradas 1, 2, 3 e 4	1,14	74,00	16,00	10,00
Barranco do trecho de estrada 5	0,81	63,35	25,05	11,60
Barranco do trecho de estrada 6	0,88	62,60	20,15	17,25
Acúmulo de solo na mata	1,07	37,95	22,40	39,65

QUADRO 6 – Resultados das análises físicas (densidade global e granulometria) para os diferentes pontos de mensuração.
Fonte: IAPAR, 2010.

Dessa forma, densidade e granulometria devem ser consideradas quando se trabalha com perdas de solo, porque variações de textura e densidade repercutem na capacidade de agregação e na suscetibilidade do solo a ser desagregado e transportado pela água.

4.3. PERDA DE SOLO EM ÁREA DE AGRICULTURA

Antes de apresentar os resultados é importante destacar que as tabelas (tabelas 6, 7, 8, 9 e 10) referentes às perdas de solo para os diferentes usos trazem também, os dados das precipitações pluviométricas monitoradas no período de julho/09 a julho/10. Índices que corresponderam a 2748 mm/anuais, o que pode ser explicado pela incidência do El Nino. Segundo Silva (2000), em verões com

ocorrência do El Nino a região Sul do Brasil pode apresentar índices pluviométricos de 300% a mais que as médias para o período.

Já o calendário agrícola influencia diretamente no grau de cobertura do solo e deve ser levado em consideração no acompanhamento dos processos erosivos. Na Bacia do Rio do Atalho, os meses de agosto a outubro são destinados para o preparo das terras, iniciando-se o ano produtivo, sendo ainda, o período em que o solo fica vulnerável aos arrastes erosivos. O plantio das safras é feito nos meses de setembro a novembro. As colheitas do feijão e fumo ocorrem de janeiro a março, a do milho, de março a agosto e, o período em que as plantas oferecem maior cobertura vegetal, fica entre outubro até abril, o que pode ser observado no quadro 7 com o calendário agrícola da região.

	Ano de 2009						Ano de 2010						
	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Atividades agrícolas	Colheita de milho												
		Preparo do solo											
			Plantio das safras										
							Colheita do feijão e fumo						
				Tratos culturais (capina e passagem de herbicidas)									
									Colheita do milho				
				Desenvolvimento das culturas Vegetais									
Uso do “carroção”	Grande		Médio			Pequeno			Médio		Grande		

QUADRO 7 – Calendário agrícola utilizado pelos agricultores da Bacia do Rio do Atalho, PR.
Fonte: O autor, 2010.

É no período de desenvolvimento das culturas vegetais que o solo terá maior proteção aos processos erosivos, no caso específico do milho é nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, que apresenta maior cobertura folhar da superfície.

A lavoura de milho na propriedade representativa têm em média 62.500 plantas por hectare. O plantio é feito em linhas com espaçamento de 0,8 metros e com 5 plantas por metro de linha.

Durante o ciclo de crescimento, o milho apresenta diferenças de proteção do solo com sua estrutura vegetal. Na figura 17 b fica caracterizado que a cultura apresentou maior proteção pelas folhas durante a etapa intermediária do crescimento. No início do desenvolvimento das plantas ainda não existiam folhas em tamanhos e quantidades adequadas para cobrir a superfície (FIGURA 17 a), e na etapa de maturação diminuiu-se a proteção devido a perda e espaçamento da cobertura vegetal (FIGURA 17 c).

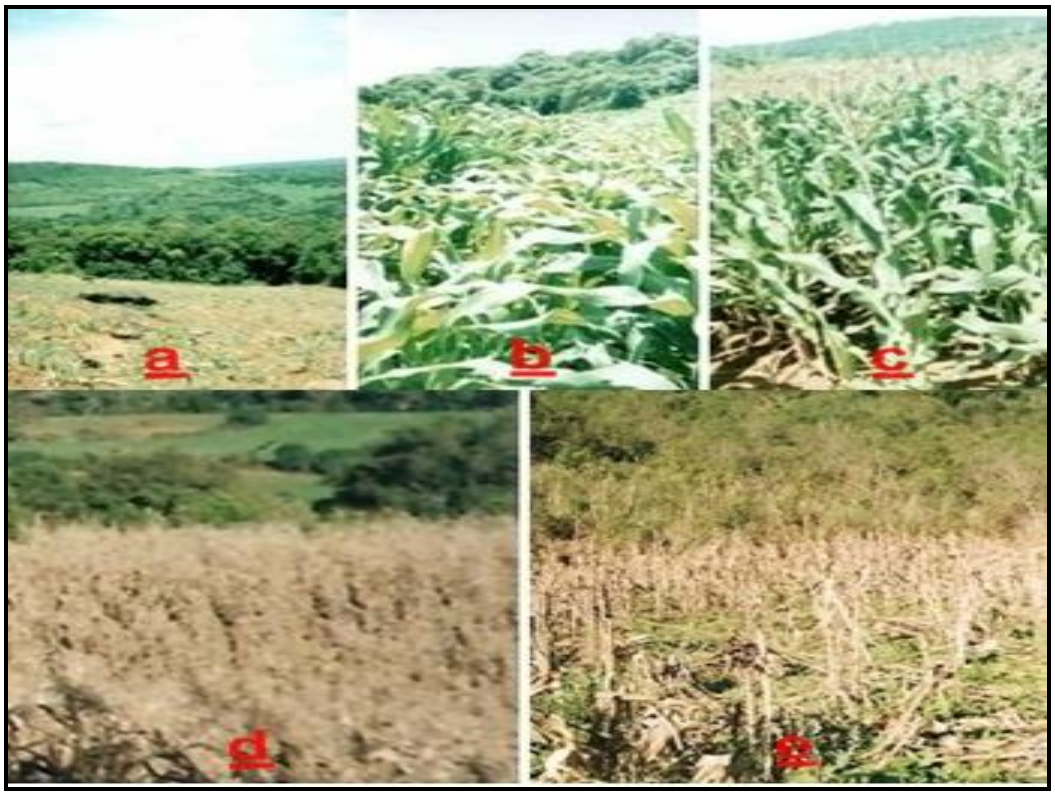


FIGURA 17 – As várias formas de cobertura vegetal exercidas pela plantação de milho durante o ciclo de crescimento e maturação: a) 3 semanas após o plantio; b) 2 meses após o plantio; c) 4 meses após o plantio; d) 6 meses após o plantio (milho maduro); e) 7 meses após o plantio (milho recém colhido).
Fonte: O autor, 2010.

No período da instalação das parcelas, a lavoura estava coberta com milho maduro (FIGURA 17 d). Na primeira coleta dos dados o milho já havia sido colhido,

restando ainda a palhada (FIGURA 17 e), protegendo o solo do impacto direto dos fenômenos chuvosos. Já na segunda coleta dos dados, a palhada havia sido tombada de forma manual com a utilização de uma foice, ferramenta de uso frequente nas práticas de cultivo na Bacia do Rio do Atalho.

Com vegetação em torno de 1,5 a 2 metros de altura, a cobertura vegetal do milho apresenta folhas que concentram a água em direção ao caule, contribuindo para o solapamento do solo rente ao tronco. Quando as precipitações pluviométricas têm índices elevados, causam a exposição das raízes, verificado na área de estudo (FIGURA 18).

FIGURA 18 – Solapamento rente ao tronco de milho, expondo as raízes.
Fonte: O autor, 2010.
Nota: As setas indicam raízes expostas rente ao solo.

O solapamento visto na figura 18 resulta da remoção de solo e da adubação feita pelo produtor. Neste caso, o plantio foi executado com o uso de máquina manual, concentrando as sementes e a adubação junto à cova de plantio. O preparo do solo e a retirada das ervas invasoras nessa área de estudo, foram realizados com

o uso da enxada. As linhas de plantio seguiram de forma perpendicular aos declives, com espaçamento em torno de 0,8 metros entre si.

A grande a presença de materiais rochosos no local de cultivo dificulta o emprego de máquinas agrícolas para o preparo do solo, o que pode ser verificado na figura 19, onde a plantação de milho está em solo recoberto com matacões e blocos de basalto.

O milho é um cultivar com bom sistema de enraizamento e, mesmo com essas características do solo repleto de fragmentos rochosos, a planta, recebendo uma boa adubação química, consegue produzir de razoáveis a boas safras nas lavouras da bacia.

FIGURA 19 – Milho em meio ao material rochoso.
Fonte: O autor, 2010.

Para a preparação do solo nesse local de pesquisa foi utilizado o sistema de cultivo convencional, realizando o revolvimento do solo com uso do arado e nivelamento da superfície com grade de discos, ambos movidos por força animal (cavalos).

As médias de remoção de solo na lavoura com milho apresentaram ao total perda de 9,08 kg/m²/ano. As variáveis nos dados de remoção de solo podem ser relacionadas com as alterações nos índices pluviométricos e com a cobertura vegetal. No período de maturação do milho (abril a junho), é que os que apresentaram as maiores médias de perda de solo, e os dados referentes ao mês de junho/10, apresentaram o segundo maior acumulado de chuvas (TABELA 6).

Desta forma, pode ser destacado que a área com agricultura de milho teve as maiores médias de perda de solo no período de maturação da cultura, representando 59,15% do total das remoções. No ciclo intermediário de crescimento da cultura é que foram identificadas as menores médias, com 7,60% no mês de janeiro e 3,52% para fevereiro de 2010 (TABELA 6).

TABELA 6 – Médias de remoção de solo em kg/m²/ano nas parcelas com agricultura de milho.

Períodos de mensuração	Remoção em kg/m²	Porcentagem de solo removido (%)	Índices pluviométricos em mm e (%)	
Ago/09	(0,61) ±0,49[1]	6,72%	128 mm	4,65%
Out/09	0,72 ±0,33	7,93	578	21,00
Dez/09	0,98 ±1,03	10,78	456	16,59
Jan/10	0,69 ± 1,63	7,60	301	10,95
Fev/10	0,32 ±0,19	3,52	260	9,46
Abr/10	3,34 ±1,85	36,79	327	11,97
Jun/10	2,03 ±0,33	22,36	535	19,45
Jul/10	0,39 ±0,16	4,30	163	5,93
Total	**9,08 ±6,04**	**100,00**	**2748**	**100,00**

Fonte: O autor, 2010.
Notas: () Média de remoção do solo em kg/m²; [1]Desvio Padrão.

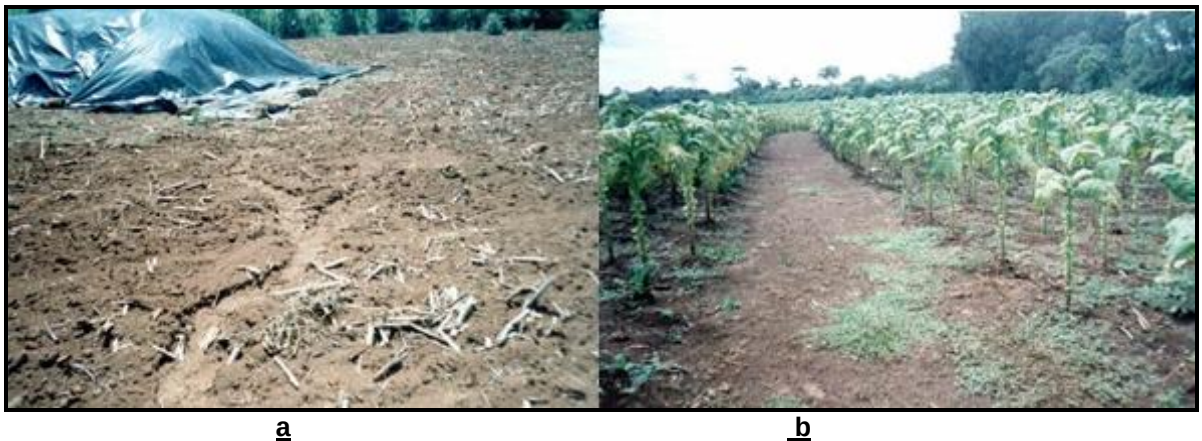
Cumpre lembrar que além do cultivo de milho, na Bacia do Rio do Atalho são produzidos feijão e fumo. O feijão é uma leguminosa que ajuda fixar nitrogênio no solo, sendo produzido em muitas propriedades em consórcio com o milho. Seu

tempo de crescimento, do plantio até a colheita, é de aproximadamente 3 meses, período em que o solo fica protegido com a cobertura vegetal.

As colheitas do feijão são realizadas de forma manual, onde uma familia ajuda outra com a prestação de serviços, priorizando o produto que estiver em estágio mais avançado de maturação. Na figura 20 a é evindenciado uma safra de feijão coberta com uma lona plástica de cor preta. A concentração da água proviniente do local provocou um sulco a jusante da área coberta. Ainda pode ser destacado a grande presença de restos culturais referente a safra anterior de milho, que foram cortados com o uso de uma grade de discos e enterrados com o revolvimento do solo antes do plantio do feijão.

Já o cultivo do fumo é praticado em algumas propriedades da bacia. Essa cultura tem características físicas das folhas que ajudam a desencadear os processos erosivos. As folhas largas concentram águas das chuvas e, com o aumento do peso, tendem a inclinar-se, causando quedas de volumes concentrados de água, causando a remoção do solo.

A figura 20 b caracteriza uma plantação de fumo na Bacia do Rio do Atalho, onde foram identificados processos laminares de remoção de solo. A lavoura localiza-se próximo ao interflúvio da bacia tendo uma área de aproximadamente 2 hectares.



a **b**

FIGURA 20 – Cultivo do solo em agricultura na bacia do rio do Atalho, PR: a) Sulco formado devido a concentração de água, oriunda da cobertura de feijão. b) Plantação de fumo.
Fonte: O autor, 2010.

Nos dois locais representados pela figura 20, o cultivo foi convencional com revolvimento total do solo, e o relevo apresentado na figura 20 a possui declividades mais acentuadas do que na área da figura 20 b. Além disso, a primeira teve o cultivo de feijão com ciclo vegetativo relativamente curto (3 meses), oferecendo menor proteção ao solo se comparado com a segunda área, que foi ocupada pelo plantio do fumo que possui ciclo vegetativo de 4,5 a 5 meses.

Desta forma, evidencia-se que os processos erosivos em sistemas de policultura variam conforme o tipo de manejo, o ciclo de cobertura vegetal exercido pelas diferentes plantas e com a concentração dos índices pluviométricos.

4.4 PERDA DE SOLO EM ÁREA DE PASTAGEM

Em todas as propriedades da Bacia do Rio do Atalho foram identificados locais destinados à pastagem, denominados de “potreiros”, localizados antes das áreas de cultivo e próximos às habitações dos produtores. Nesses locais específicos, os animais (bois, vacas e cavalos) são mantidos seguros e servem como força de trabalho.

Os bovinos ajudam a acelerar os processos erosivos, principalmente com a formação de trilhas que concentram os fluxos de água. A figura 21 corresponde a um local de pastagem nas margens do Rio do Atalho. Trata-se de uma área com ocupação de rebanhos bovinos para produção e comercialização de leite. Nesse local, as vacas ingerem a água proveniente do rio. Esse pisoteio constante dos bovinos formou trilhas que concentram os fluxos de água da chuva resultando na formação de sulcos, além do rompimento do barranco, criando uma pequena ilha junto ao rio (FIGURA 21).

Ainda dentro dos limites da bacia, foram verificados outros pontos com ocorrência de processos erosivos em áreas de pastagem. Na figura 22 pode-se verificar o rompimento de uma ponte em um córrego afluente do rio do Atalho. A concentração das precipitações pluviométricas no mês de outubro/09 aumentou muito o volume das águas que removeram a ponte e causaram o desabamento dos barrancos.

FIGURA 21 – Erosão desencadeada pelo pisoteio de bovinos.
Fonte: O autor, 2010.

Ainda com relação às figuras 21 e 22 identifica-se que no local falta a vegetação ripária ou mata ciliar na área de pastagem, desta forma, os sedimentos transportados pelas enxurradas vão parar diretamente no córrego. Para os referidos córregos segundo o Código Florestal, Lei n° 4.771/65 a faixa de mata ciliar deveria ser de 30 metros em cada margem (SENADO, 1965).

FIGURA 22 – O rompimento de uma ponte em uma área de passagem de animais.
Fonte: O autor, 2010.
Nota: Seta indica o local de rompimento da ponte.

Na área de pesquisa, a cobertura vegetal é composta pela grama Jesuíta (*Axonopus jesuiticus*), que recobre todo o local cercado para os animais. O tamanho da área é de 3,51 hectares e mantém 10 vacas em produção de leite e 6 bezerros menores na faixa de um ano de idade. A média é de 4,5 animais por hectare, ou ainda, para cada animal tem-se 0,21 hectare de área individual. Desta forma, nota-se que a área está superlotada e não haveria condições de manter o referido número de bovinos com a pastagem natural do local. Por tais razões, o suprimento alimentar desses animais é complementado com alimentação externa: rações, concentrados, farelos, fenagem de aveia e milho.

Em julho de 2009, quando foram instados os experimentos, a pastagem estava baixa devido ao inverno (FIGURA 23).

FIGURA 23 – Área de pastagem na propriedade representativa.
Fonte: O autor, 2009.

Conforme a tabela 7, verifica-se que as perdas de solo em área de pastagem corresponderam a 0,21 kg/m²/ano, sendo que, as maiores médias de remoção do solo ocorreram nos meses de outubro/09, e junho/10, representando

38,08% das perdas. Esses dois índices com maiores perdas ocorreram justamente nos períodos que apresentaram a duas maiores concentração das precipitações pluviométricas, com 40,45% do total das chuvas monitoradas.

A partir de dezembro a pastagem atinge seu ápice, o que pode ser verificado com relação às perdas, que diminuem nas mensurações de janeiro e fevereiro de 2010, apesar das precipitações também serem menos intensas. Já nas coletas de abril/10 pode ser evidenciado que os índices de perdas de solo voltam subir (TABELA 7), momento que a pastagem cessa o crescimento devido diminuição das temperaturas.

TABELA 7 – Médias de remoção de solo em kg/m²/ano nas parcelas em pastagem.

Períodos de mensuração	Remoção em kg/m²	Porcentagem de solo removido (%)	Índices pluviométricos em mm e (%)
Ago/09	(0,02) ±0,02[1]	9,53%	128 mm 4,65%
Out/09	0,04 ±0,03	19,04	578 21,00
Dez/09	0,03 ±0,01	14,28	456 16,59
Jan/10	0,02 ±0,03	9,53	301 10,95
Fev/10	0,01 ±0,02	4,77	260 9,46
Abr/10	0,03 ±0,01	14,28	327 11,97
Jun/10	0,04 ±0,04	19,04	535 19,45
Jul/10	0,02 ±0,03	9,53	163 5,93
Total	**0,21 ±0,19**	**100,00**	**2748 100,00**

Fonte: O autor, 2010.
Notas: () Média de remoção do solo em kg/m²; [1]Desvio Padrão.

Além de perdas mensuradas, as áreas de pastagens também recebem sedimentos principalmente das estradas, que na maioria das propriedades na bacia do rio do Atalho estão conectadas com áreas de cultivo e com os locais de pastagens. Desta forma, os sedimentos removidos das áreas de cultivo e das próprias estradas vão parar primeiramente nos locais de pastagem (FIGURAS 24 a e 24 b) com grande quantia de materiais acumulados próximos a um açude.

a **b**

FIGURA 24 – Depósito de sedimentos em local de pastagem: a) Depósito de sedimentos próximo ao açude b) Depósito de sedimentos a montante do açude.
Fonte: O autor, 2010.

4.5 PERDA DE SOLO EM ÁREA DE ERVA MATE

A atenção dada à produção de sedimentos em área de erva-mate (*Ilex paraguarienses*) deve-se ao fato que em quase todas as propriedades da bacia existe uma área destinada à plantação dessa espécie nativa das matas de araucária.

Nesse tipo de uso do solo, mantêm-se as características próximas das condições naturais, se comparados com os demais usos da bacia. Os ervais são constituídos onde já exista uma grande concentração de plantas, o plantio somente é feito para preencher os espaços. Os manejos são esporádicos com: limpeza ao redor dos troncos das plantas pequenas e diminuição das espécies competidoras, processos realizados manualmente com uso de foices e enxadas.

No momento da instalação das parcelas para mensuração dos processos erosivos, o erval apresentava boa estrutura folhar das árvores, sendo que, o último corte tinha ocorrido há dois anos e meio. Já na metade das mensurações, a erva foi cortada para comercialização. Esse ciclo levou 3 anos, de uma extração até a outra. Desta forma, durante as mensurações, o local apresentou diferentes estágios de cobertura vegetal.

No período de instalação das parcelas, a superfície apresentava-se coberta por serrapilheira (FIGURA 25 a), restos vegetais de samambaias (*Pteridium aquilinium*) que foram manejadas anteriormente. No mês de novembro, quatro meses após a instalação das parcelas, o local apresentava-se bem coberto,

principalmente pela exuberância folhar do erval e das espécies competidoras (FIGURA 25 b). Na sequência, houve o corte do erval em janeiro de 2010, período que apresentou menor proteção do solo (FIGURA 25 c), onde alguns pontos ficaram sem nenhuma cobertura. Por último, houve a regeneração das espécies competidoras, em abril de 2010 (FIGURA 25 d), com aumento da proteção do solo contra os processos erosivos.

FIGURA 25 – Parcela em local com de erva-mate e os diferentes estágio de cobertura vegetal: a) Instalação das parcelas jul/09; b) Local coberto pela vegetação 4 meses após a instalação das parcelas nov/09; c) Erval recém cortado para comercialização jan/10; d) Novo ciclo da vegetação após o corte da erva, abr/10.
Fonte: O autor, 2010.

As mensurações em área de erva mate apontam perdas 0,09 kg/²m/ano de solo, com variações de perdas ao longo das coletas. Consequentemente os índices de remoção de solo podem ser relacionados aos diferentes estágios da cobertura vegetal encontrada na área de erva-mate. As maiores médias de perda de solo ocorreram após o corte dos ervais (TABELA 8). Isso fica evidente ser comparado com os índices das precipitações pluviométricas, na mensuração referente ao mês

de outubro teve o maior acumulado das chuvas 578 mm (21%), em contrapartida não houve perdas de solo, resultado que pode ser relacionado ao auge da cobertura vegetal (FIGURA 25 b).

TABELA 8 – Média de remoção de solo em kg/m²/ano nas parcelas com área de erva mate.

Períodos de mensuração	Remoção em kg/m²	Porcentagem de solo removido (%)	Índices pluviométricos em mm e (%)
Ago/09	(0,01) ±0,01[1]	11,11%	128 mm 4,65%
Out/09	0,00 ±0,00	0,00	578 21,00
Dez/09	0,01 ±0,01	11,11	456 16,59
Jan/10	0,01 ±0,03	11,11	301 10,95
Fev/10	0,02 ±0,01	22,22	260 9,46
Abr/10	0,03 ±0,02	33,34	327 11,97
Jun/10	0,01 ±0,01	11,11	535 19,45
Jul/10	0,00 ±0,00	0,00	163 5,93
Total	**0,09 ±0,09**	**100,00**	**2748 100,00**

Fonte: O autor, 2010.
Notas: () Média de remoção do solo em kg/m²; [1]Desvio Padrão.

Desta forma, constatou-se que a área de erva mate teve aumento das perdas de solo após o corte do erval, atingindo médias com triplo das perdas em abril/10 se comparadas anteriores.

4.6 PERDA DE SOLO EM ÁREA DE QUINTAL

As propriedades rurais da Bacia do Rio do Atalho apresentam locais destinados para jardins, hortas e pomares, que embelezam as residências e ajudam no cardápio das famílias com verduras, legumes e frutas de boa qualidade. São áreas pequenas, se compradas com os demais usos do solo, mas que de certa forma, contribuem para produção de sedimentos.

Por isso, procurou-se mensurar a dimensão da produção de sedimentos que as áreas ocupadas com esse tipo de uso do solo trazem para a bacia. Assim, foi instalado 3 parcelas com 15 pinos de erosão, onde a variação ocorreu apenas quanto a declividade devido ao tamanho reduzido do local, sendo que para cada parcela foram necessários 4 m². Desta forma, uma parcela ficou 15%, outra com 8% e a última com 5% de declividade.

Junto às parcelas existem árvores frutíferas (uva, maçã e laranja) (FIGURA 26 a), que ajudaram a proteger o solo dos impactos diretos das gotas de chuva. Ainda no período de instalação dos experimentos, o local possuía cobertura vegetal de alfaces, repolhos e cebolinhas.

Na primeira mensuração, as verduras foram colhidas e a superfície ficou desprotegida das precipitações pluviométricas, na segunda coleta (outubro), verificou-se maior proteção devido à cobertura vegetal, principalmente com as árvores frutíferas repletas de folhas.

Na figura 26 b identifica-se a boa cobertura vegetal do solo exercida pelas hortaliças contra o impacto direto das gotas da chuva, ressaltando que o período correspondente ao mês janeiro teve os índices pluviométricos elevados.

a **b**

FIGURA 26 – Parcela em área de quintal: a) Parcela com pinos de erosão e árvores frutíferas ao fundo; b) área coberta pelas hortaliças.
Fonte: O autor, 2010.

As parcelas na área de quintal apresentaram 4,71kg/m²/ano de perda de solo (TABELA 9). Segundo a tabela 9, o período com maior perda correspondeu à coleta de junho/10 com 1,84 kg/m², representando 39,07% das perdas em área de quintal. Foi o período que também apresentou o segundo maior acumulado das precipitações pluviométricas, com 535 mm (19,45%). Já a menor perda foi registrada na coleta de dezembro/09 com 0,03 kg/m², representando 0,63% das perdas mensuradas na área de quintal.

TABELA 9 – Média de remoção de solo em kg/m²/ano nas parcelas em área de quintal.

Períodos de mensuração	Remoção em kg/m²	Porcentagem de solo removido (%)	Índices pluviométricos em mm e (%)
Ago/09	(0,40) ±0,15[1]	8,49%	128 mm 4,65%
Out/09	0,16 ±0,20	3,40	578 21,00
Dez/09	0,03 ±0,05	0,63	456 16,59
Jan/10	0,87 ±0,78	18,48	301 10,95
Fev/10	0,26 ±0,23	5,52	260 9,46
Abr/10	0,75 ±0,46	15,92	327 11,97
Jun/10	1,84 ±1,03	39,07	535 19,45
Jul/10	0,40 ±0,01	8,49	163 5,93
Total	**4,71 ±2,91**	**100,00**	**2748 100,00**

Fonte: O autor, 2010.
Notas: () Média de remoção do solo em kg/m²; [1]Desvio Padrão.

As médias de remoção de solo nas parcelas da área de quintal ficaram em terceiro lugar, perdendo somente para as parcelas nas estradas e em agricultura. Isso também pode ser relacionado às variações da cobertura vegetal exercida pelas hortaliças durante o ciclo produtivo do ano e ao constante revolvimento do solo para o plantio das verduras, com maior exposição do solo aos agentes erosivos nesses períodos.

4.7 PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM CARREADOR E ESTRADA

As estradas da bacia são construídas longitudinalmente às vertentes[5], sendo que, as mesmas possuem índices elevados de declividade (>20%), tornando-se vulneráveis a degradação pelos processos erosivos. Isso pode ser verificado na figura 27 a, onde se vê um trecho de estrada com a presença de pequenos sulcos no leito e blocos de basalto nos taludes e sobre os barrancos.

A presença constante dos animais nas áreas de pastagem ajuda a deslocar os sedimentos nos taludes dos barrancos. Na figura 27 c (trecho de estrada 4 que foi monitorada durante o período de mensurações), é caracterizado esse tipo de influência. Evidencia-se nesse trecho de estrada incisões com sulcos na parte inferior dos barrancos decorrentes da circulação dos bovinos.

Em alguns pontos das estradas acontecem quedas abruptas dos taludes devido à terraplanagem da base dos barrancos (FIGURA 27 b). Neste caso, a cerca caiu junto com o desabamento do barranco, formando blocos com sedimentos para serem carregados pelas enxurradas.

Em geral as estradas da bacia têm os escapes de água próximo aos taludes dos barrancos, com pequenos desníveis orientados para fora das linhas de circulação. Com passar do tempo esses meios de dispersão dos fluxos de água são erodidos e se transformam em sulcos, o que é identificado na figura 27 c, com abertura de uma incisão de aproximadamente 30 cm.

Esses sulcos têm o recebimento de materiais provenientes tanto da caixa das estradas como das próprias áreas de cultivo, que podem contribuir para maior remoção de solo em determinados pontos, formando as marmitas ou panelas, denominação utilizada por Oliveira et al. (1999) para esse tipo de abertura. Na figura 27 d é apresentada a formação de uma marmita na estrada da Bacia do Rio do Atalho. Neste caso, a presença de um pequeno fragmento rochoso contribuiu para o aprofundamento da incisão.

As estradas funcionam como locais de escoamento das enxurradas e contribuem também com a produção de sedimentos. Os sedimentos são

[5] [...] “forma tridimensional que foi modelada pelos processos de denudação, atuantes no presente ou no passado, e representando a conexão dinâmica entre o interflúvio e o fundo de vale” (DYLIK apud CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 26).

provenientes das pistas de rodagem e dos barrancos. Para a referida área de estudo, deve ser considerado ainda outro agente desagregador de solo: o “carroção”. Esse meio de transporte possui as rodas finas com uma chapa de ferro que corta a terra por onde as rodas passam, destacando sedimentos e compactando o leito das estradas. Desta forma, em sistemas de agricultura familiar, o “carroção” também deve ser considerado como um agente desagregador e removedor de sedimentos.

FIGURA 27 – Processos erosivos em estradas da bacia do rio do Atalho, PR: a) Estrada junto ao relevo montanhoso e aflorado de rochas; b) Estrada mensurada com a queda do talude e cerca dos animais; c) Estrada em área de pastagem com sulcos de erosão; d) Formação de marmita na base do talude do barranco.
Fonte: O autor, 2010.

As estradas da bacia apresentaram às maiores médias de remoção de solo ao longo das mensurações, com perdas de 30,36 kg/m²/ano (TABELA 10). Ainda de acordo com a tabela 10, identifica-se que a maior perda aconteceu na coleta de outubro/09 com 4,92 kg/m², representando 16,20% das perdas mensuradas para as

estradas. Por outro lado verifica-se também que o referido período apresentou o maior acumulado de chuvas com 578 mm (21,00%).

De acordo com a tabela 10, as mensurações de dezembro/09 a fevereiro/10 apresentaram quedas nos índices de perda de solo, neste caso pode ser relacionado o calendário agrícola visto no quadro 7, que esse período corresponde ao de menor uso do “carroção” na bacia, devido as culturas estarem em fase de maturação e tendo o início das colheitas.

Em contrapartida as coletas de julho/10, período com grande uso do “carroção” teve a menor média de perda de solo com 0,96 kg/m². Nesse período também foram verificadas uma das duas menores concentrações dos índices pluviométricas com 163 mm (5,93%), (TABELA 10).

TABELA 10 – Média de remoção de solo em kg/m²/ano para as parcelas das estradas.

Períodos de mensuração	Remoção em kg/m²	Porcentagem de solo removido (%)	Índices pluviométricos em mm e (%)	
Ago/09	(4,56) ±5,16[1]	15,01%	128 mm	4,65%
Out/09	4,92 ±2,40	16,20	578	21,00
Dez/09	4,32 ±4,32	14,23	456	16,59
Jan/10	3,84 ±3,72	12,65	301	10,95
Fev/10	2,40 ±3,09	7,91	260	9,46
Abr/10	5,88 ±6,00	19,37	327	11,97
Jun/10	3,48 ±3,48	11,46	535	19,45
Jul/10	0,96 ±0,84	3,17	163	5,93
Total	**30,36 ±29,01**	**100,00**	**2748**	**100,00**

Fonte: O autor, 2010.
Notas: () Média de remoção do solo em kg/m²; [1]Desvio Padrão.

Os 4 primeiros trechos, localizados na estrada não pavimentada da propriedade representativa e com uso constante do carroção, apresentaram maiores médias de rebaixamento do perfil que os trechos 5 e 6, pavimentados com “cascalho”, (TABELA 11). Neste caso verificou-se que nos trechos de estradas com

“cascalho”, houve menor perda de solo, por outro lado também deve ser considerado que tanto a declividade quanto a estrutura do solo são diferentes entre os trechos mensurados. O “cascalho” ajudou a diminuir o destacamento de sedimentos nas pistas de rolamento, e grande parte dos sedimentos nesses trechos (“cascalhados”) foram provenientes dos barrancos.

Com base nos dados da tabela 11, o trecho de estrada 4 teve as maiores médias de remoção de solo nos três perfis mensurados. Trecho constituído por Cambissolo e a declividade >20%, além do pisoteio constante de bovinos, visto que, o trecho encontra-se dentro da área de pastagem.

TABELA 11 – Média de perda de solo para os perfis dos trechos das estradas em cm e kg/m²/ano.

Trecho da estrada	Perfil – 1	Perfi – 2	Perfil – 3
1*	(48,00) ±43,29[1]	(57,72) ±55,70[1]	(58,62) ±41,58[1]
2*	68,64 ±49,26	59,78 ±29,91	62,96 ±55,38
3*	55,64 ±55,96	47,64 ±24,87	58,88 ±46,86
4*	77,40 ±27,87	66,45 ±33,59	89,60 ±54,04
5	33,39 ±31,90	32,66 ±35,03	19,86 ±2,89
6	26,29 ±17,04	34,84 ±26,07	15,63 ±2,34

Fonte: O autor, 2010.
Notas: () Média de remoção do solo em kg/m²/ano; [1]Desvio Padrão; *Trechos de estrada na propriedade representativa.

Como foi verificado na tabela 11, os 4 primeiros trechos de estrada tiveram as maiores médias de perda de solo para os perfis mensurados, em contrapartida a menor média de exposição dos pinos nos barrancos, foi do trecho 1 (TABELA 12). Nesses casos, destaca-se a proteção da vegetação predominante nos barrancos (figura 28 a e 28 b). Os trechos 3 e 4 (tabela 12) apresentaram as maiores médias de exposição dos pinos dos barrancos, podendo relacionar isso à estrutura do solo dos barrancos com grande presença de materiais pré-desestruturados (FIGURAS 28 c e 28 d).

TABELA 12 – Média de perda de solo para os barrancos dos trechos das estradas em kg/m²/ano.

Trecho da estrada	Barranco esquerdo	Barranco direito
1*	(3,99) ±3,80[1]	(3,30) ±0,90[1]
2*	11,30 ±10,03	10,10 ±7,42
3*	14,11 ±12,57	9,00 ±2,22
4*	14,68 ±7,04	12.86 ±3,77
5	8,10 ±2,35	8,39 ±0,53
6	9,05 ±4,29	8,48 ±1,31

Fonte: O autor, 2010.
Notas: () Média de remoção do solo em kg/m²/ano; [1]Desvio Padrão; *Trechos de estrada na propriedade representativa.

.

FIGURA 28 – Características da cobertura vegetal e estrutura dos barrancos nos trechos de estrada: a) trecho 1; b) trecho 2; c) trecho 3 e d) trecho 4.
Fonte: O autor, 2010.

Com relação às perdas de solo nos barrancos de estradas, pode ser destacado que os quatro trechos da propriedade representativa apresentaram maiores perdas nos barrancos do lado esquerdo (TABELA 12), sendo que os barrancos do lado esquerdo estão voltados para o Norte e são em média de 30 cm mais altos do que os do lado direito.

Desta forma, os processos erosivos nas estradas da bacia do rio do Atalho, PR, tiveram influência de vários elementos, o uso do “carroção”, estrutura do solo nos leitos de circulação e barrancos, altura dos barrancos, posição dos barrancos e declividade.

4.8 INTEGRAÇÃO DAS ÁREAS FONTES DE SEDIMENTOS NA BACIA

Com base nas 3 parcelas dos diferentes usos, foram estabelecidas médias de remoção do solo em kg/m² para os diferentes usos mensurados na Bacia do Rio do Atalho, estando apresentados no gráfico 1.

Segundo os índices, as estradas apresentaram as maiores perdas de solo por áreas ocupadas, com 30,36 kg/m² (76 vezes acima do nível de tolerância), porque segundo FAO (1967) e Bertoni e Lombardi (1999), em solos pouco profundos podem-se tolerar perdas de até 0,4 kg/m²/ano. A agricultura com a lavoura de milho aparece na sequência com 9,08 kg/m²/ano (22 vezes acima do nível de tolerância). A área de quintal também apresentou médias de perda de solo 11 vezes acima dos níveis de tolerância com 4,71 kg/m²/ano. Já as parcelas no local de pastagem e erva-mate tiveram as menores médias de perda de solo, dentro dos níveis tolerados com 0,21 kg/m²/ano para pastagem e 0,09 kg/m²/ano para erva-mate (GRÁFICO 1).

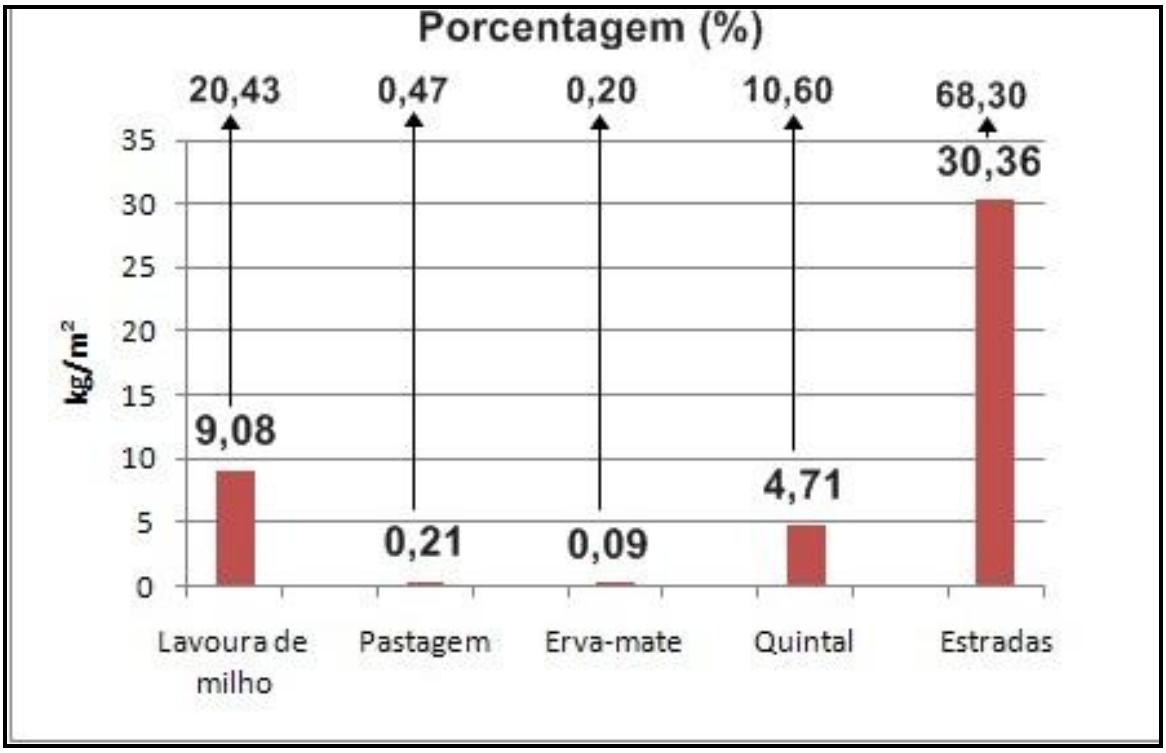


GRÁFICO 1 – Estimativa de perda de solo em kg/m²/ano e a respectiva porcentagem para diferentes usos do solo na Bacia do Rio do Atalho, PR.
Fonte: O autor, 2010.

De acordo com esses índices de perda de solo em kg/m²/ano vistos no gráfico 1, foi realizada estimativa do balanço de sedimentos anual na bacia do rio do Atalho (QUADRO 8).

Uso da terra	Área ocupada (ha) e (%)	Produção de sedimentos (kg/ano)	Contribuição relativa (%)
Agricultura	**527,82 (55,84)**	**47.926.056**	**70,70**
Pastagem	**283,21 (29,96)**	**594.741**	**0,88**
Erva mate	**70,2 (7,42)**	**63.180**	**0,10**
Quintal	**0,88 (0,10)**	**41.448**	**0,06**
Estradas	**63.10 (6,68)**	**19.157.160**	**28,26**
Total	**945,21 (100)**	**67.782.585**	**100,00**

QUADRO 8 – Estimativa de balanço de sedimentos na Bacia do rio do Atalho, PR.
Fonte: O autor, 2010.

Neste caso não foram consideradas as áreas compostas por mata natural, visto que, nas mesmas não foi mensurado os processos erosivos. Desta forma, pode ser comparada a dimensão da produção de sedimentos com a respectiva área ocupada. A produção de sedimento foi estimada em 67.782.585 kg/ano, sendo que, os locais com agricultura contribuem com 70,70% e ocupam 55,84% da área, as estradas contribuem com 28,26% e ocupam 6,68%, em contra partida as pastagens contribuem com 0,88% e ocupam 29,96% da área (QUADRO 8).

Esses sedimentos chegam rapidamente até o Rio do Atalho, visto que no local de estudo, as vertentes dos dois lados são curtas, tendo em média menos de mil metros de comprimento, contribuindo para a rápida vazão das águas da chuva e sedimentos desagregados. A figura 29, retrata essa característica logo após um evento chuvoso. As águas do rio ficaram turvas devido às partículas oriundas dos locais com os diferentes usos do solo.

FIGURA 29 – Águas turvas do Rio do Atalho, logo após evento chuvoso.
Fonte: O autor, 2010.

Os sedimentos produzidos nas diferentes formas de uso e ocupação do solo na bacia vão encontrando vários locais de deposição ao longo do percurso feito pelas enxurradas. Pode ser observado na figura 30 a, a deposição em locais de pastagem e na figura 30 b, o acúmulo de solo em meio à vegetação.

a **b**

FIGURA 30 – Depósitos de sedimentos: a) Em meio à pastagem, b) Em meio à floresta.
Fonte: O autor, 2010.
Nota: Seta indica cone de deposição.

Nota-se na figura 30 a, o acúmulo de sedimentos em meio à pastagem, formando um cone de deposição. A maior parte desses sedimentos tiveram origem no trecho de estrada 4, que tem 287 metros de comprimento com média de 4,83 metros de largura e 1,25 metros de altura dos barrancos, e densidade média do solo de 1,26 g/cm³. Com esses dados, pode-se estimar o quanto esse trecho de estrada já perdeu de solo desde o início da ocupação do relevo.

Os resultados apresentam perdas de 2.079.315 kg ou 2079,31 toneladas em 50 anos, o que equivaleria a uma perda anual de 41.586,3 kg ou 41,58 toneladas, ou ainda, uma média de rebaixamento do solo anual de 2,5 cm. Nesses índices de quantificação não se deve esquecer a influência das máquinas utilizadas para a manutenção da estrada. A cada 3 ou 4 anos, máquinas da prefeitura de Cruz Machado fazem o processo de nivelamento e eliminação dos sulcos no leito das estradas, retirando porções significativas de solo.

Na área de acúmulo de solo em meio à vegetação (FIGURA 30 b), os índices foram os seguintes: a primeira estaca teve 20 cm, a segunda 22 cm e a terceira 11,5 cm. A média da largura dessa área é de 4,63 metros, comprimento de 6,77 metros e densidade do solo de 1,07 g/cm³. As estimativas do acúmulo de solo nessa área ficam em torno de 5.588,83 kg ou 5,58 toneladas anuais.

Grande parte desses sedimentos tiveram origem no trecho de estrada 2, que atravessa uma porção de relevo côncavo. É comum nesses locais o acúmulo de solo junto às vertentes da Bacia do Rio Atalho, ajudando a dinamizar as características do próprio solo.

Como resultado, as diferentes fontes de sedimentos na propriedade rural representativa ou na Bacia do Rio do Atalho como um todo, contribuíram e ainda contribuem para dinamizar as características do relevo em suas variadas formas, influenciando na caracterização dos solos e, consequentemente, na aptidão dos mesmos para os diferentes usos.

4.9 SÍNTESE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

A bacia do rio do Atalho e em específico a propriedade rural representativa possuem sistemas de agricultura familiar com uso do solo em policulturas anuais, pastagem para os animais, áreas destinadas para a produção da erva mate e quintais próximo as casas.

O relevo é caracterizado pela presença constante de blocos e matacões de rochas ígneas, declividades com predomínio das classes (ondulado e forte ondulado), solos de média e baixa fertilidade e com variações nos índices de densidades para os diferentes usos.

As perdas elevadas de solo vistas nos resultados das mensurações podem ser relacionadas com os diferentes usos do solo na bacia e na propriedade representativa, juntamente com a estrutura das propriedades junto ao relevo. Com áreas reduzidas essas propriedades têm locais inadequados destinados para cultivos anuais, desta forma, verificam-se os conflitos de uso atual do solo com o proposto nos mapas de capacidade de uso.

Na bacia do rio do Atalho em 52,21% da área são encontrados conflitos do uso atual com o máximo recomendado, principalmente nas classes VI, VII e VIII, que são utilizadas com culturas anuais e deveriam ter uso máximo recomendado de pastagem classe VI, pastagem (ocasionalmente) classe VII e preservação da flora e fauna classe VIII. Mesmo caso para propriedade representativa, que em 60,77% da área são encontrados conflitos de uso atual com o máximo recomendado no mapa

de aptidão e com culturas anuais até a classe VIII. Conflito que pode ser identificado na localização das áreas de mensuração, as parcelas em área de milho estão na classe VI, com uso máximo recomendado para pastagem; parcelas em erva mate estão nas classes VI e VIII, com uso máximo recomendado para pastagem classe VI e para preservação da flora e fauna classe VIII. Nos demais locais de mensuração a localização das parcelas não apresenta conflitos, embora a área de uso como um todo apresente.

As estimativas do balanço de sedimentos na bacia do rio do Atalho apontam que 70,70% dos sedimentos têm origem das áreas de agricultura, 28,26% das estradas, já pastagem, erva mate e quintal, juntos contribuem com 1,04% (quadro 8).

O calendário agrícola também deve ser considerado quanto os índices de perdas de solo, na área de agricultura as maiores médias aconteceram no período de maturação das culturas, já nas estradas as maiores médias de perda foram no período de colheita do milho (período com maior uso do carroção) e na mensuração com maior concentração dos índices pluviométricos. Ainda merecem atenção as áreas de erva mate, que a cada 2,5 a 3 anos são cortadas para comercialização, perdendo grande parte da proteção do solo, o que aconteceu na metade dos experimentos na área de estudo e teve repercussões nos dados de perda de solo para referido uso.

Identifica-se, que na área de estudo os processos erosivos tiveram influência de vários elementos, entre os quais se pode se destacar a estrutura das propriedades, o calendário agrícola com variação na intensidade do uso do solo e movimentação do “carroção”, a concentração dos índices pluviométricos, a cobertura vegetal e os usos inadequados do solo, ou seja, conflito do uso atual com o proposto no mapa de capacidade de uso. Desta forma, os mapas de capacidade de uso do solo fornecem elementos que auxiliam na tomada de decisões, indicando os melhores usos sem o risco da erosão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes usos da terra para práticas agropecuárias têm, ao longo do tempo, a erosão acelerada como a principal causa da degradação dos solos férteis. A agricultura com o revolvimento total do solo ou mecanização agrícola e a superlotação das pastagens, são as principais causas da degradação das terras produtivas pela erosão acelerada.

Na Bacia do Rio do Atalho e na propriedade rural representativa, os usos do solo ocupam porções do relevo com declividades acentuadas, solos rasos e com baixa fertilidade, além da presença constante de materiais rochosos. Essas áreas são ocupadas em sistemas de policulturas anuais e com baixo a médio desenvolvimento tecnológico. Essas características predominam no Município de Cruz Machado e região. Saliente-se ainda que, a identificação das áreas fontes de sedimentos nesse sistema de agricultura de subsistência traz contribuições para a geografia e geomorfologia em termos regionais, podendo assim, estabelecer a aptidão das terras para melhores usos.

Nos resultados do mapa de capacidade de uso da terra da Bacia do Rio do Atalho, foram identificadas as oito classes de uso, sendo que, 47,27% da área podem utilizadas com agricultura, mas que devem receber intensos cuidados para se minimizar os processos erosivos (adoção de técnicas de manejo para controlar a erosão acelerada). Visto que mais da metade das glebas com aptidão para agricultura enquadram-se na classe IV, com grande suscetibilidade a degradação do solo pelos processos erosivos. Em contrapartida, verifica-se que em 52,21% da área da bacia são encontrados conflitos do uso atual com o máximo recomendado, exemplo cultivos anuais que estão em locais com aptidão para pastagens, culturas permanentes ou proteção da flora e fauna.

Na propriedade representativa o mapa de capacidade de uso da terra apresentou seis classes de uso, partindo da III até a VIII, as classes I e II não foram identificadas. Os resultados apontam que 38,88% das terras têm aptidão para culturas anuais, mas que devem receber cuidados redobrados para conter os processos erosivos, porque desses 38,88%, 22,44% estão na classe IV e que devem ser utilizadas para agricultura ocasionalmente. Por outro lado em 60,77% da

área da propriedade são encontrados conflitos do uso atual com o máximo recomendado pelo mapa de aptidão.

Já as diferentes técnicas para mensuração dos processos erosivos tornam-se importantes ferramentas para comparação dos índices de perda de solo. Tornam-se ainda, um parâmetro de verificação para saber se os dados estão dentro dos níveis de tolerância para as características da área estudada.

Os resultados do estudo realizado na Bacia Hidrográfica do Rio do Atalho apontam usos com índices de perda de solo nas estradas estão 76 vezes acima dos níveis de tolerância para determinadas características ambientais da área.

As elevadas perdas de solo nos trechos de estradas merecem atenção especial porque todas as propriedades da bacia contam com pelo menos uma estrada, interligando as áreas de cultivo e locais de pastagens às casas dos produtores. É importante assinalar que trechos de estradas com “cascalho” tiveram índices de perdas de solo menores se comparados com os trechos de estradas sem pavimentação.

Nas áreas de uso do solo para fins produtivos, as parcelas instaladas na lavoura de milho foram as que apresentaram as maiores médias de exposição dos pinos, com índices de perda de solo 22 vezes acima dos níveis de tolerância. Em contrapartida, as áreas de pastagem e de plantio com erva-mate tiveram os menores índices de erosão dentro dos níveis de tolerância. Desta forma, evidencia-se a importância da cobertura vegetal para diminuir os processos erosivos.

Ainda com relação aos processos erosivos na bacia do rio do Atalho, merece atenção o calendário agrícola, visto que as maiores perdas de solo na área de agricultura ocorreram no período de maturação do milho e, as menores médias foram mensuradas em meio ao desenvolvimento das culturas, com maior proteção do dolo

Observou-se que mesmo em uma agricultura de subsistência, os índices de perda de solo na Bacia do Rio Atalho são elevados, tanto nos trechos de estradas quanto na área de agricultura. Esses sedimentos chegam rapidamente até o Rio do Atalho, sendo que na referida bacia, as vertentes dos dois lados são curtas (<1000 m). Conter a desagregação do solo e o rápido escoamento das águas nessas vertentes é de fundamental importância para diminuir a degradação das terras produtivas. Entre as várias técnicas para obter esses resultados, é primordial colocar

os usos certos do solo nos locais adequados com o mapa de capacidade de uso da terra.

Em última análise, todo uso do solo para atividades agropecuárias ou reflorestamento devem ser feitos com a caracterização física do relevo, seja da bacia no contexto geral, de um trecho de vertente, ou ainda, de uma propriedade rural. Em síntese, é imprescindível identificar a aptidão da terra quanto sua capacidade de uso para ter maior produtividade e diminuir a degradação do solo devido aos processos erosivos.

REFERÊNCIAS

ADAMS, C. **Caiçaras na Mata Atlântica: pesquisa científica versus planejamento e gestão ambiental**. São Paulo: Anablume / FAPESP, 2000.

ANDRADE, M. C. de. **Geografia Econômica**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

ANTONELI, V., (et al., 2009). **Avaliação de erosão das margens por meio da técnica de pinos de erosão: estudo de caso no arroio Bom Vista em Guamiranga, Paraná.** VESTANA, L. R.; NOBUKUNI, P.; SILVA, M. da e THOMAZ, E. L. (org). **Saberes Geográficos: teorias e aplicações.** Guarapuava: Unicentro, 2009.

ANTONELI, V., THOMAZ, E.L.; **Comparação de infiltração de água no solo mensurada em período seco e úmido, em diferentes usos da terra na bacia do arroio Boa Vista, Guamiranga, Paraná.** Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais V. 5 N. 2 Maio/Ago, 2009. Disponível em: <http://www.unicentro.br/editora/revistas/ambiencia/v5n2/artigo%209.pdf>. Acesso em: 10 outubro. 2009.

BERTOL, I. et al. **Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. Revista** Brasileira Ciência do Solo. V. 31. p. 133-142, 2007. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n1/14.pdf>. Acesso em 02 abril. 2010.

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

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão. In: III Simpósio Nacional de Controle da Erosão**. Curitiba: ADEA/ABGE, 1985.

BONO, J. A. M. **Sistema de melhoramento de pastagens nativas visando aumento de produtividade e conservação do solo**. Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Brasil, 1994.

BOTELHO, R. G. M. (et al., 1999). **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). **Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRASIL. **Ministério da Agricultura. Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas. Manual Operativo**. Brasília - DF: Coordenação Nacional do PNMH, Ministério da Agricultura, 1987.

BRESSAN, D. **Gestão Regional da Natureza**. São Paulo: Hucitec, 1996.

CARVALHO, N. O. apud. CABRAL, J. B. P.; **Estudo do processo de assoreamento em reservatórios**. Caminhos da Geografia-revista on line fev/2005. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/caminhosdegeografia.html>. Acesso em: 08 fev. 2010.

CARVALHO, N. O. et al. **Guia de Avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANNEL. 2004.

CASSETI, V. **Ambiente e Apropriação do relevo**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995.

CASSETI, V. **Estudo dos efeitos morfodinâmicos pluviais no Planalto de Goiânia (Uma análise quantitativa de resultados experimentais**). São Paulo: FFLCH-USP, Tese de doutoramento, 1983.

CASTRO FILHO, C. de et al. **Planejamento Conservacionista em Microbacias Hidrográficas**. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. **Uso e Manejo dos Solos de Baixa Aptidão Agrícola**. Londrina: IAPAR, 1999.

CASTRO, F. S. de. **Conservación de Suelos**. Madrid: Salvat, 1956.

CASTRO, J. de. **Geografia da Fome**. 9. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008.

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

CHRISTOFOLETTI, A (et al., 2005). **Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

COELHO NETO, A. L.; (et al, 1998). **Hidrologia de Encosta n Interface com a Geomorfologia**. In: Guerra, A. J. T.; (Org.). CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. **Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo**. Revista Brasileira Ciência do Solo, v. 27, p. 743-753, 2003. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a19v27n4.pdf>. Acesso em: 06 fevereiro. 2010.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do rio Capivari-SP.** São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, universidade de São Paulo-USP, 2000.

CONTI, J. B. **A geografia física e as relações sociedade/natureza no mundo tropical**. 2. ed. São Paulo: Humanistas Publicações- FFLCH/USP, 2002.

CRUZ MACHADO. **Secretaria Municipal de Transportes**, 2011.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (et al., 1996). **Degradação Ambiental**. CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (orgs). **Geomorfologia e meio ambiente** (orgs). 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T**. Avaliação e Perícia Ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. Piracicaba: ESALQ, Tese de Doutorado, 1990.

DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistema de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. IAPAR, GTZ, 1991.

DIETRICH, W. E.; DUNE, T. **The channel head**. In: BEVEN, K.; KIRKBY, M. J. **Channel Networrk Hydrology**. John Willey and Sons Ltda, 1993.

DINIZ, I. A. F. **Geografia da Agricultura**. 2. ed. São Paulo: Difel, 1986.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente.** 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.

ELLISON, N. W. **Soil erosion**. Soil Sci. Amer. Proc., Madison, Wisc., 1947.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006

ENDRES, P. F. et al. **Quantificação das classes de erosão por tipo de uso do solo no município de Franca-SP**. Jaboticabal-SP: Eng. Agríc. v. 26, n. 1, p. 200-207, jan./abr., 2006. Disponível em:<http:// www.scielo.br/pdf/eagri/v26n1/30111.pdf> Acesso em: 15 setembro. 2009.

EVANS, R. **Some soil factors influencing accelerated water erosion of arable land**. Progress in Physical Geography, 20, 2, 205-215, 1996.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **La erosion del suelo por el água: algunas medidas para combatirla em las tierras de cultivo**. Roma, 1967.

FERNADES, M. de F.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. da. **Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras de parte do setor Leste da bacia do rio Seridó, PB**. Campina Grande-PB: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.2, p. 195-198, 1998.

FIORIO, P. R. et al. **Potencialidade do uso da terra na microbacia hidrográfica do córrego do Ceveiro na Região de Piracicaba**. Piracicaba, São Paulo: Scientia Agrícola, v.56, n.4, p. 1273-1280, out./dez. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v56n4s0/a32v564s.pdf>. Acesso em: 11 fevereiro. 2011.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais** (org). São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FULLEN, M. A.; CATT, J. A. **Soil Management-Problems and Solutions.** London: Arnold Plublisher, 2004.

GALLARDO, D. J. **Usos y Conservación de Suelos**. **Geologia Ambiental**. Série Engenharia Geoambiental. Instituto Tecnológico Geominero de Espanha, Madrid, 1988.

GOMES, R. P. **Adubos e Adubação**. São Paulo: Nobel, 1970.

GOOGLE, Earth. **Data das imagens 06 de abril de 2008**. Acesso em: 02 janeiro. 2011.

GOUDIE, A. **The Changing Earth-Rates of Geomorphological Processes**. Oxford: Blackwell Publisher, 1995.

GRACE, J. M. et al. **Evaluation of erosion control techniques on forest roads**. Transactions of the ASAE, St Joseph, v. 41, n. 2, p. 383-391, 1998.

GREENLAND, D. J. **Changes in the nitrogen status and condition of soils under pasture with special reference to the maintenance of the fertility of Australian soils used for growing wheat. Soil and Fertilizers**, 1971.

GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1992.

GRIEBELER, N. P. et al. **Equipamento para determinação da erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento do solo em canais de estradas**. Campina Grande-PB: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, DEAG/UFCG, V.9, n. 2, p. 166-170, 2005.

GUERRA, A. J. T. **Soil characteristics and erosion with particular reference to organic matter content.** Tese de doutorado, Universidade de Londres, 441p. 1991.

GUERRA, A. J. T. et al. **O inicio do Processo Erosivo**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). **Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUERRA, A. J. T. **Experimentos e monitoramento em erosão dos solos**. São Paulo Revista do Departamento de Geografia USP. V. 16. p. 32-37, 2005. Disponível em:<http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/rdg/RDG_16/Antonio_Jos%C3%A9_Teixeira_Guerra.pdf> Acesso em: 15 junho. 2009.

GUERRA, A. J. T. **Processos Erosivos nas Encostas**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HUDSON, N. **An introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of sub-tropical rainfall**. Proc. Trans.Rhod. Sci. Ass., 1961.

HUDSON, N. **Conservación del suelo**. Buenos Aires: REVERTÉ, S. A., 1982.

IAPAR **(Instituto Agronômico do Paraná). Controle da Erosão no Paraná Brasil; Sistema de cobertura do solo; Plantio direto e preparo conservacionista do solo.** (org), 1991.

IBGE. **Mapas interativos: Mapa de solos**. 2005. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/solos/viewer/.htm>. Acesso em 16 agosto. 2010.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2 ed. Rio de Janeiro: Manuais técnicos em Geociências. n. 7, 2006.

IBGE. **Cidades: Cruz Machado - PR**. 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 10 maio. 2009.
INBAR, M. et al. **Runoff and erosion process after a Forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean área**. Geomorphology, 24: 17-33, 1998.

ITCG. **Solos – Estado do Parná**. Instituto de Terras, Cartografia e Geociências, 2008. Disponível em:<http://www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em: 05 junho. 2010.

JAKELAITIS, A. et al. **Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas**. Goiânia: Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 38, n. 2, p.118-127, jun. 2008. Disponível em:< http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/viewFile/4171/3665>.Acesso em: 20 abril. 2010.

JORNAL, **Vale do Rio d' Areia: Agricultura**. 21 de março de 2010. Disponível em: <http://www.jornalvaledoriodareia.com.br/site/?cat=10>. Acesso em: 15 Abril. 2010.

JUNIOR NEVES, A. F. **Avaliação da qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiros", 2005.< http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-03032006-163321/>.Acesso em: 05 maio. 2010.

KAVALERIDZE, W. C. **Nossos Solos**. Curitiba: Voz do Paraná, 1978.

KIEHL. E. J. **Manual de Edafologia**. 1. ed. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1979.

KAY, B. D. **Rates of change in soil structure under different cropping systems**. Adv. Soil Sci, 1990.

KHATOUNIAN, C. A. et al. **O Manejo da Fertilidade em Sistemas de Produção**. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. **Uso e Manejo dos Solos de Baixa Aptidão Agrícola**. Londrina: IAPAR, 1999.

LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil Restoration**. New York, Advances in Soil Science, 1992.

LANE, L. J. et al. **Development and application of modern soil erosion prediction technology-The USDA Experience**. Aust. Soil Res., v. 30, p. 893-912, 1992. Disponível em: <http://ddr.nal.usda.gov/dspace/bitstream/10113/6255/1/IND43973355.pdf>. Acesso em: 10 junho. 2010.

LARACH, J. O. I. et al. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Convênio. SUDESUL-EMBRAPA. IAPAR. Boletim Técnico, n° 57, IAPAR, 1984.

LEOPOLD, B.; LANGBEIN, W. B. **The concept of entropy in Landscape evolution**. US Geological Survey Professional, 1963. In: GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1992.

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIMA, A de S.; FONTES, A. L. Aptidão agrícola da terra na sub-bacia do rio Jacarecica-SE. Revista Scientia Plena. v.4, n.10, 2008.

LUCE, C. H; BLACK, T. A. **Sediment production from forest roads in Western Oregon**. Moscow: USDA, 1993.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná.** 3. ed. São Paulo: contexto, 2002**.**

MAFRA, N. M. C. (et al. 1999). **Erosão e planificação de uso do solo**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). **Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

MELO, W. J. de. et al. **Manejo: aspectos biológicos**. In: PEREIRA, V. de P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: FCAV-UNESP/SBCS, 1994.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. D. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, I. F.C.; LOMBARDI NETO, F.; VIEGAS, R. A. **Classificação da capacidade de uso das terras da microbacia do riacho Uma, Sapé, PB**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 10. p. 888-895, 2006. Disponível em:<http://www.agriambi.com.br**/**>. Acesso em 10 fevereiro. 2011.

MINELLA, N. P. G. et al. **Identificação e Implicações para a Conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31. p. 1637-1646, 2007. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n6/39.pdf>. Acesso em: 20 abril. 2010.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; CLARKE, R. T. **Método "fingerprinting" para identificação de fontes de sedimentos em bacia hidrográfica rural**. Campina Grande, PB: UAEA: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 13, n. 5, p. 633-638, 2009. Disponível em:<http://w3.ufsm.br/fisica do solo/downloads/Producao_Artigos/104.pdf>Acesso em: 15 março. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE: **Agenda 21 brasileira**. 2000. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=908&idMenu=374>. Acesso em: 10 junho. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE: **Carta da Terra**. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/carta_terra.pdf>. Acesso em: 06 Junho. 2010.

MOREIRA, M. C. et al. **Desenvolvimento e análise de uma rede neural artificial para estimativa da erosividade da chuva para o Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30. p. 1069-1076, 2006. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n6/a16v30n6.pdf>. Acesso em: 10 janeiro. 2010.

MORETI, D. et al. **Importantes características de chuva para conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP).** Revista Brasileira Ciência do Solo. v. 27. p. 713-725, 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a16v27n4.pdf>. Acesso em: 07 julho. 2009.

MORGAN, R. P. C. **The non-independence of rainfall erosivity and soil erodibility. Earth Surface Process and Landforms**, 1983. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. Inglaterra: Longman Group, 1986.

MUZILLI, O. et al. **Ocupação e Uso do Solo Agrícola no Paraná**. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. **Uso e Manejo dos Solos de Baixa Aptidão Agrícola**. Londrina: IAPAR, 1999.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR. D. F. **Pavimentação de baixo custo com solos Lateríticos**. São Paulo, 1995.

OLIVEIRA, M. A. T. de (et al. 1999). **Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). **Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

OLIVEIRA, R. R. **Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande-RJ**. Rio de Janeiro. 2002.

PALHARES, J. M. **Paraná: aspectos da geografia**. 3. ed. Foz do Iguaçu, 2004.

PEDRON, F de. A. **A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS**. Santa Maria, RS: Ciência Rural, v.36, n.1, p. 105-122, jan-fev, 2006. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/cr/v36n1/a16v36n1.pdf>. Acesso em: 13 janeiro. 2011.

PERREIRA, L. C**. Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. Faculdade de Engenharia Agrícola, 2002.

PINESE, Jr. J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. **Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia-MG.** Uberlândia: Sociedade e Natureza, 20 (2): 157-175, DEZ. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v20n2a10v20n2.pdf>. Acesso em: 15 outubro. 2009.

POPP, J. H. **Geologia Geral**. 5. ed. São Paulo: Editora Santuário, 1998.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. Acesso em: 28 agosto. 2010.

PRIMAVESI, A. **Agroecologia e manejo do solo**. Agriculturas. v. 5. n° 3, setembro, 2008. Disponível em: <http://agriculturas.leisa.info/index.php?url=getblob.php&o_id=215667&a_id=211&a_seq=0>. Acesso: 06 maio. 2010.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991.

ROCHA...; **Recursos naturais**. Disponível em: <http://http://educar.sc.usp.br/ciencias/recursos/solo.html>. Acesso em: 14 junho. 2011.

ROCHA, J. S. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** Santa Maria: UFSM, 1991. 181 p.

ROCHA, P. C.; et al. **Erosão marginal e evolução hidrodinâmica no sistema rio-planície fluvial do Alto Paraná – Centro Sul do Brasil**. NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C (orgs). **Geomorfologia: aplicações e metodologias**. 1 ed.São Paulo: Expressão Popular: UNESP. Programa de Pós – Graduação em Geografia, 2008.

ROCKEMBACK, I. F. **Dados Históricos e Memórias de Cruz Machado**. Cuiabá, 1996.

ROSS, J. L. S. (org). **Geografia do Brasil**.3. ed. São Paulo, Edusp, 1996.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento.** 7. ed. São Paulo: Contexto, 2003.

SALOMÃO, F. X. de T. et al. **Controle e Prevenção dos Processos Erosivos**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). **Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SCHICK, J. (et al 2000). **Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. perdas de solo e água**. R. Bras. Ci. Solo, 24: 427-436, 2000. Disponível em: <http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v24n2a19.pdf>. Acesso em: 15 abril. 2010.

SENADO, F. **Código Florestal Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=102353>. Acesso em: 13 fevereiro. 2010.

SILVA, C. C. da. **Plantio Direto na Pequena Propriedade – Tração Animal**. 2. ed. Curitiba: 1997.

SILVA, J. de F. **El Ninõ, o fenômeno climático do século**. Brasília: Thesaurus, 2000.

SORRENSON, W. J.; MONTOYA, L. J. **Implicações econômicas da erosão do solo e de práticas conservacionistas no Paraná, Brasil**. Londrina: IAPAR, GTZ, Erchbom, 1984.

THOMAZ, E. L. **Processos Hidrogeomorfológicos e o Uso da Terra em Ambiente Subtropical – Guarapuava-PR.** São Paulo: USP. Tese de doutorado, 2005.

THOMAZ, E. L.; **Aspectos gomorfopedológicos de uma vertente em área de basalto no município de Guarapuava-PR.** Mercator – revista de geografia da UFC, ano 07, número 14, 2008. Disponível em:<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/29/193> Acesso em: 15 novembro. 2009.

THOMAZ, E. L.; (et al, 2008). **Geomorfologia e agrossistemas: indicadores de degradação do solo**. NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C (orgs). **Geomorfologia: aplicações e metodologias**. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular: UNESP. Programa de Pós – Graduação em Geografia, 2008.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V. **Erosão e degradação do solo em área cultivada com erva-mate (Iles paraguariensis), Guarapuava-PR.** São Paulo: UNESP,

Geociências, v. 27, n. 1, p. 21 - 30, 2008. Disponível em:http://petro.rc.unesp.br/revistageociencias/27_1/Art%202_Thomaz.pdf. Acesso em: 05 setembro. 2009.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V. **Relação entre cultivo de fumo (*Nicotina tabacum L.)* e a produção de sedimento na bacia do arroio Boa Vista, Guamiranga – PR.** Revista de Geografia. Rio Claro – SP: v. 35, n. 2, 2010.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V. DIAS, W. A. **Estimativa de Proveniência de Sedimentos em Cabeceira de Drenagem com Alta Densidade de Estradas Rurais não Pavimentadas**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, n.2, p. 25 – 37, 2011.

THOMAZ, E. L.; DIAS, W. A. **Bioerosão – Evolução do rebanho bovino brasileiro e implicações nos processos geomorfológicos**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 10, n. 2, p. 3 – 11, 2009.

THOMAZINE, G. R. **Impactos da erosão em nutrientes do solo**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia (IB) da Unicamp. Disponível em:<http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/julho2003ju219pg04a.html>. Acesso em: 30 março. 2010.

TRICART, J. L. F. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do Solo: com ênfase aos solos tropicais**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988.

VIEIRA, M. J. **Cultivo mínimo comparado a outros sistemas. Efeitos no solo e na planta**. Londrina: IAPAR, 1984.

VIEIRA, S. **Introdução à bioestatística**. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1980.

VITTE, A. C.; GUERRA, A. J.T.; (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

WONS, V. **Geografia do Paraná, Física, Humana e Econômica**. 6. ed. Curitiba: Editora Ensino Renovado, 1984.

WISCHEMEIER, W. H. **Cropping management factor evaluations for universal soil loss equation**. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, Wisc., 1960.

ZINCK, A. J. **La información edáfica en la planificación de uso de las tierras y el ordenamiento territoria**l. In: Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, 13, CD-ROM, Águas de Lindóia, 1996.

ANEXO

ANEXO A - Questionário de campo

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

MESTRANDO: VANDERLEI MARINHESKI

QUESTINÁRO DE CAMPO

PROPRIETÁRIO.....

1. Tamanho da propriedade.....
   a) Área de lavoura em alqueires..... Área de pastagem em alqueires.....
   b) Área de erva-mate em alqueires..... Área de reflorestamento em alqueires.....
   c) Área de horticultura em alqueires..... Área de mata em alqueires.....

2. Nome das pessoas que convivem na propriedade:
   .....
   .....
   .....

3. O que é produzido na propriedade e quantidade?
   a) Feijão;.....b) Arroz;.....c) Milho;.....d) Fumo;.....e) Soja;.....

   f) Trigo;.....g) Leite;.....h) Erva - mate;.....i) Carvão vegetal;.....
   j) Frutas;.....l) Madeira de reflorestamento;.....m)Outros.....

4. Força de trabalho:
   a)Mecanizado; b) Tração animal; c) Força manual;

5. Uso se técnicas que diminuem à erosão: ( ) Sim ( ) Não.
   a) Plantio direto; b) Adubação verde; c) Terraceamento; d) Rotação de culturas; e) Curvas de nível;
   f) Outras especificar.....

6.Métodos de cultivo;
   a) Convencional; b) Conservacionista; c) Agroecológico; d) Roça de toco;

7.Usa adubação química: ( ) Sim ( ) Não.
   a) NPK; b) Uréia nitrogenada; c) Outros especificar.....
   .....
   .....

8. Usam agrotóxicos: ( ) Sim ( ) Não Especificar
   a) Herbicidas; b)Fungicidas; c) Inseticidas ; e) Especificar;
   .....

9. Já teve contaminação de alguma pessoa da família com agrotóxicos: ( ) Sim ( ) Não