

Jeanne Domingues Santos

**ALTERAÇÕES DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E
QUÍMICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES
SISTEMAS AGRÍCOLAS – SÃO JOSÉ DA LAPA / MG**

Belo Horizonte

Departamento de Geografia da UFMG

2007

Jeanne Domingues Santos

**A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS AGRÍCOLAS
NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DAS CAMADAS
SUPERFICIAIS DO SOLO – SÃO JOSÉ DA LAPA / MG**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Geografia da Universidade Federal de Minas
Gerais - UFMG, como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Análise Ambiental

Orientadora: Prof^ª. Cristiane Valéria de Oliveira

Belo Horizonte
Departamento de Geografia da UFMG
2007



Universidade Federal de Minas Gerais
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia: Análise Ambiental

Dissertação intitulada *A Influência de diferentes sistemas agrícolas nas propriedades físicas e químicas das camadas superficiais do solo – São José Da Lapa, MG*, de autoria da mestranda Jeanne Domingues Santos, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof.^a Dra. Cristiane Valéria de Oliveira – Orientadora

Prof.^a Dra. Vilma Lúcia Macagnam- UFMG

Prof.^o Luis Marcelo Aguiar Sans - EMBRAPA – Sete Lagoas / MG

Belo Horizonte, 11 de Junho de 2007

Avenida Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte, MG.
Tel.: (31) 3499 5412 Fax: (31) 3499-5494

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Geociências - IGC da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, especificamente ao Departamento de Geografia, pela oportunidade de realização do curso e formação profissional.

Ao Laboratório de Sedimentologia e Geomorfologia do Instituto de Geociências - IGC, no auxílio e orientação na realização das análises laboratoriais. Em particular, aos funcionários Nívea e Ricardo, os quais, além do profissionalismo, sempre se mostraram disponíveis e amigos para ajudar no trabalho.

Ao Prof. Hugo Ruiz responsável pelo Laboratório de Solos, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, que viabilizou e auxiliou na realização das análises laboratoriais.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

À Professora Cristiane Valéria de Oliveira, que com o passar dos anos foi chamada de “Cris”, pela amizade, compressão, exemplo de profissionalismo, pelo incentivo e orientação na realização desse estudo. Agradeço também pelo exemplo de otimismo nas horas de “apertos”, por sempre enxergar com outros olhos e orientar de como é possível solucionar problemas.

Ao pesquisador Luís Marcelo do Centro Nacional de Pesquisas de Solos da Embrapa/Sete Lagoas, pela boa vontade e empréstimo dos anéis volumétricos para a realização dos trabalhos de campo.

Ao meu amor Marcus e aos amigos Juliana, Gisele, Vlad, Pati, Rominho, e Fabiano, pela disposição, coragem e determinação em ajudar na coleta das amostras de solo.

A todas às pessoas, estudantes, professores e funcionários do IGC que ajudaram de alguma forma nessa minha caminhada.

A Deus.

Obrigada!

“As conseqüências de um domínio ‘irracional’ sobre a Natureza podem ser ameaçadoras à própria sobrevivência do homem, que somente através da ciência pode encontrar formas de elas se manifestarem de forma suportável”.

(GRAZIANO NETO, 1985)

RESUMO

O aumento na produção de alimentos por meio da agricultura metropolitana, com enfoque em sistemas agrícolas convencionais, tem sido intensamente praticado no decorrer dos anos. O uso agrícola provoca alteração nos atributos físicos e químicos do solo. Normalmente, essa alteração induz uma deterioração de sua qualidade, em decorrência da retirada da cobertura vegetal e o excessivo uso da mecanização. Em função da técnica de manejo utilizada ocorre um comprometimento da capacidade produtiva do solo em diferentes sistemas agrícolas.

O estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes sistemas agrícolas nas propriedades físicas e químicas do solo agrícola, na Bacia do Córrego Cabeleira, no município de São José da Lapa. A partir disso foram selecionados seis pontos para análise de alguns atributos de solo considerados indicadores de sua qualidade física e química: análise granulométrica, argila dispersa em água, estabilidade dos agregados, densidade do solo, porosidade, e, por fim, o teor de carbono orgânico (matéria orgânica). Foram selecionados dois pontos sob mata, para serem considerados como parâmetro na comparação com os outros quatro pontos de uso agrícola, sendo dois sob horticultura e os outros dois sob pastagem.

Os atributos físicos e químicos avaliados tem o intuito de demonstrar o nível de degradação do solo. Para a realização do estudo foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0cm-10cm, 10cm-20cm, 20cm-30cm, 30cm-40cm, 40cm-50cm e por fim 50cm-60cm; para verificar as alterações físico-químicas no horizonte superficial e no horizonte subsuperficial do solo.

Nos pontos amostrados os teores de carbono orgânico observou-se que a maior diferença ocorreu entre os pontos H1, H2, PT e PTA ao serem comparados com os pontos de mata (M1 e M2). Os maiores valores do teor de carbono foram encontrados no solo sob pastagem, seguido dos pontos amostrados no solo sob mata e por fim, os perfis de solo da horticultura.

Os pontos amostrados indicam que os usos agrícolas promoveram alterações na densidade do solo, resultando na formação de camadas compactadas nos horizontes superficiais e subsuperficial, como constatado, principalmente, no ponto amostral da horta (H1, H2). Nos entanto nos pontos amostrados sob pastagem (PT, PTA) os valores de DS não comprometem a continuidade dessa atividade.

Em particular nos solos sob pastagem (PT, PTA), ocorreu uma queda da porosidade nas profundidades de 20cm-30 cm e 30cm-40cm, com um acréscimo na densidade do solo nas mesmas profundidades.

Os valores de porosidade mostraram ser eficientes na avaliação da compactação do solo. Foi observado um pequeno decréscimo nos valores de porosidade da horticultura (H1, H2) em comparação com os valores encontrados na mata (M2), com exceção das profundidades 0-10cm da horticultura 1 (H1).

O sistema agrícola que apresentou a maior alteração das características avaliadas foi o cultivo da horta, ao ser comparado com os solos sob mata. Comparando os valores de estabilidade de agregados dos pontos da horta (H1, H2), notou-se que ocorreu uma menor concentração de frações de agregados maior que 1,00mm, nos primeiros 40cm do solo, caracterizando-se como um potencial indicador da desagregação do solo.

Os sistemas agrícolas analisados ao serem comparados com as áreas de mata, afetaram a estrutura do solo, principalmente no que se refere ao tamanho dos agregados, sendo que os menores valores foram encontrados no uso com maior movimentação do solo, a horta.

Nesse estudo as análises físicas e químicas que mais contribuíram na avaliação da degradação dos solos foram a estabilidade de agregados e a matéria orgânica. A partir das diferenças constatadas entre as propriedades do solo sob mata e de uso agrícola, foi possível avaliar a perda de sua qualidade após a retirada da cobertura vegetal.

As características físicas e químicas dos pontos amostrados da mata, horta e pastagem, evidenciaram que a escolha de práticas agrícolas convencionais, pode influir significativamente nas propriedades do solo. As características dos solos amostrados permitem afirmar a necessidade de modificações no gerenciamento das práticas agrícolas, principalmente na horta. É necessário conciliar o uso dos recursos naturais, fornecer a continuidade da produtividade agrícola e promover a satisfação econômica nas áreas agrícolas da Bacia do Córrego Cabeleira.

Palavras-chave: Sistemas agrícolas; práticas agrícolas; propriedades físicas e químicas do solo.

ABSTRACT

This study had as objective to evaluate the influence of different agricultural systems in the physical and chemical properties of the agricultural ground at the Córrego Cabeleira Basin, in the city of São José da Lapa, Minas Gerais. Six points had been selected for analysis of some ground attributes considered indicators of its physical and chemical quality, that is, grain sized analysis, dispersed clay in water, aggregates stability, ground density, porosity, and the organic carbon incidence (organic substance). Two points under bush had been selected to be considered as parameters in the comparison with the others four points of agricultural use, being two under horticulture and the others two under pasture. For the accomplishment of the study, ground samples had been collected in the layers of 0cm-10cm, 10cm-20cm, 20cm-30cm, 30cm-40cm, 40cm-50cm and 50cm-60cm, in order to verifying the alterations physiscist-chemistries in the superficial horizon and the subsurface horizon of the ground. The agricultural system that presented the biggest alteration of the evaluated characteristics was the vegetables culture, to the being compared with ground under bush. The agricultural systems, when being comparative with the bush areas, had indicated the ground structure alteration, mainly as for the size of aggregates, being that the lesser values had been found in the use with bigger movement of the ground, the horticulture. In this study, the physical and chemical analyses that had more contributed in the evaluation of the ground degradation had been the aggregates' stability and the organic substance. From the differences evidenced between the properties of the ground under bush and that related to the agricultural use, it was possible to evaluate the loss of its quality after the vegetal covering withdrawal. The physical and chemical characteristics of the points at the bush, horticulture and pasture had evidenced that the choice of conventional agricultural practices may influence significantly in the ground properties. The characteristics of showed ground allow to affirming the necessity of modifications in the agricultural practices management, mainly in the horticulture. It is necessary to conciliate the use of the natural resources, to supply the continuity of the agricultural productivity and to promote the economic satisfaction in the agricultural areas at the Córrego Cabeleira's Basin.

Word-key: Agricultural systems; agricultural practices; ground physical properties; ground chemical properties.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	O solo como indicador do manejo agrícola-ambiental	3
2.2	Condicionantes ambientais do uso do solo associados à produção agrícola.....	9
2.2.1	Alterações e avaliações das características do solo em diferentes sistemas agrícolas	11
2.2.2	Monitoramento da qualidade do solo: conservação e recuperação	19
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	24
3.1	Localização.....	24
3.2	Geologia	24
3.3	Geomorfologia.....	27
3.4	Hidrografia, Clima, cobertura vegetal e uso do solo	29
4	METODOLOGIA.....	32
5	RESULTADO	36
5.1	Contexto ambiental – descrição morfológicas dos pontos amostrados.....	36
5.2	Análises química e física dos solos	47
5.2.1	Análise química	48
	A) Carbono orgânico	48
5.2.2	Análise física	53
	A) Análise granulométrica	53
	B) Densidade do solo	55
	C) Porosidade	58
	D) Estabilidade de agregados	59
5.3	Principais alterações relacionadas ao uso do solo	65
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS	70

LISTA DE FIGURA

Figura 1- Panorama do uso das terras disponíveis pelo mundo	14
Figura 2 - Tipos de estrutura, suas características e onde ocorrem	16
Figura 3 - A influência do solo degradado nos aspectos da vida humana	22
Figura 4 - Localização da área de estudo	25
Figura 5 - Mapa Geológico da microbacia do Córrego Cabeleira.....	26
Figura 6 - Identificação das paisagens geomorfológicas	27
Figura 7 - Mapa Geomorfológico da microbacia do Córrego Cabeleira	28
Figura 8 - Mapa de Cobertura vegetal e Uso do Solo da Bacia do Córrego Cabeleira	31
Figura 9 – Organograma das etapas realizadas no estudo.....	35
Figura 10 – Mapa de localização dos pontos amostrais.....	38
Figura 11 – Mapa de declividade.....	39
Figura 12 – Caracterização do perfil M1	41
Figura 13 – Caracterização do perfil M2	42
Figura 14 - Caracterização do perfil H1	43
Figura 15 – Caracterização do perfil H2	44
Figura 16 – Caracterização do perfil PT	45
Figura 17 – Caracterização do perfil PTA.....	46
Figura 18 – Distribuição dos valores de carbono orgânico nas diferentes profundidades dos pontos amostrados.....	49
Figura 19 – Distribuição dos valores de densidade nas diferentes profundidades dos pontos amostrados.....	56
Figura 20 – Distribuição dos valores de porosidade nas diferentes profundidades dos pontos amostrados.	58
Figura 21 – Distribuição dos valores da estabilidade de agregados no ponto amostrado da MATA 1(M1).	61

Figura 22 – Distribuição dos valores da estabilidade de agregados no ponto amostrado da HORTICULTURA 2 (H2). 62

Figura 23 – Distribuição dos valores da estabilidade de agregados no ponto amostrado da PASTAGEM em uso (PT). 63

LISTA DE FOTOS

Foto 1- Perfil M1	41
Foto 2- Paisagem do entorno do ponto amostrado na mata 1 (M1)	41
Foto 3- Perfil M2	42
Foto 4- Detalhe do perfil da mata 2 (M2)	42
Foto 5- Perfil H1	43
Foto 6- Paisagem do entorno do ponto amostrado na horta 1 (H1)	43
Foto 7- Perfil H2	44
Foto 8- Paisagem do entorno do ponto amostrado na horta 2 (H2)	44
Foto 9- Perfil PT	45
Foto 10- Paisagem do entorno do ponto amostrado na pastagem em uso (PT)	45
Foto 11- Perfil PTA	46
Foto 12- Paisagem do entorno do ponto amostrado na pastagem abandonada (PTA)	46
Foto 13- Manejo na área de horta.....	50
Foto 14- Detalhe do perfil da PTA	51
Foto 15- Paisagem geral dos pontos H1 e H2.....	52

LISTA DE QUADRO E TABELA

Quadro 1-Síntese dos parâmetros pedológicos para uma avaliação ambiental.....	04
Quadro 2- Evolução histórica da exploração agrícola das terras de cultivo no Brasil	06
Quadro 3- Etapas das operações de manejo dos solos.....	08
Quadro 4- Condições ambientais ideais para a maioria das culturas.....	10
Quadro 5 - Os benefícios da matéria orgânica nas principais propriedades do solo	11
Quadro 6 – Classificação dos tipos de degradação do solo.....	12
Quadro 7 – Comparação entre as áreas degradadas do mundo e da América do Sul.....	13
Quadro 8 – Caracterização dos ambientes estudados.....	37
Tabela 1 – Caracterização morfológica e física dos ambientes estudados	53

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, de maneira geral, as áreas de vegetação natural vêm sendo substituídas por diferentes sistemas de uso, tais como culturas agrícolas, pastagens e reflorestamentos. Essa mudança na utilização do solo ocasiona um desequilíbrio no ecossistema, uma vez que a técnica de manejo empregada influencia os processos físicos, químicos e biológicos do mesmo, modificando suas características e, muitas vezes, podem propiciar sua degradação inviabilizando sua utilização ou aproveitamento agrícola.

Segundo Dosso *et al.* (2005), o cenário agrícola brasileiro está em transformação. Atualmente, busca-se organizar e fixar a produção agrícola em microbacias de produção, procurando aprender e gerenciar, de maneira sustentável, a fertilidade do local, considerando o potencial de cada região.

Desde o século XIX até meados do século XX já se vislumbrava ações de degradação do meio ambiente em alguns países. Porém, foi apenas na década de sessenta do século passado, que o quadro de degradação ambiental entrou em evidência. Posteriormente, a discussão ambiental tornou-se um assunto polêmico, atingindo vários segmentos da sociedade. Grandes desastres ambientais, crescimento vertiginoso da população, intenso processo de urbanização são alguns dos fenômenos que fizeram crescer a consciência ambiental (SANTOS, 1996).

Dentre os tópicos associados à consciência ambiental, o solo passou a ser considerado e analisado como um recurso natural de essencial importância para a manutenção da vida e do meio-ambiente. Nesse sentido, começam a surgir inúmeros trabalhos que buscam compreender e analisar o solo, principalmente, quando este passa a ser incorporado no sistema agrícola.

A retirada da cobertura vegetal natural e a utilização do solo leva a alterações em suas características, muitas vezes, promovendo sua degradação. Nesse sentido, a manutenção da qualidade do solo passa a ser uma preocupação constante, no entanto, essa manutenção só é possível quando se entende como o uso antrópico altera efetivamente o solo.

Assim, em todas as regiões com tradução agrícola, são necessários trabalhos que esclareçam o comportamento do solo frente ao uso. Nesse contexto, muitas vezes as áreas das regiões metropolitanas são desconsideradas, pois o uso mais comum está associado à urbanização. No entanto, vários municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte, entre eles o município de São José da Lapa, têm como base econômica a agricultura e são bastante carentes em estudos que envolvam as alterações do solo.

A fim de suprir essa carência, desenvolveu-se este estudo que tem como objetivo principal avaliar as modificações em algumas propriedades físicas e químicas do solo consideradas indicadoras da sua qualidade, em função da influência dos diferentes usos do solo.

Além disso, o estudo tem como objetivos específicos:

- Indicar qual o sistema de uso agrícola promoveu a maior alteração nas características do solo,
- Verificar quais análises são mais efetivas na avaliação do comprometimento da qualidade do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O SOLO COMO INDICADOR DO MANEJO AGRÍCOLA-AMBIENTAL

O solo é um recurso natural importante no desenvolvimento das atividades humanas e como tal, deve ser utilizado de forma consciente, a fim de evitar sua degradação e minimizar os possíveis impactos causados ao ambiente no desenvolvimento das atividades, já que é considerado como

“[...] uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do planeta. [...]. Ocasionalmente podem ter sido modificados por atividades humanas”. (EMBRAPA, 1999, p.5).

No Vocabulário de ciência do solo, coordenado por CURI *et al.* (1993), o solo possui duas definições:

“Solo. (1) Material mineral/ou orgânico inconsolidado na superfície da terra que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres. (2) Matéria mineral não consolidada, na superfície da terra, que foi sujeita e influenciada por fatores genéticos e ambientais do material de origem, clima (incluindo efeitos de umidade e temperatura), macro e microorganismos, e topografia, todos atuando durante um período e produzindo um produto solo, o qual difere do material do qual ele é derivado em muitas propriedades e características físicas, químicas, mineralógicas, biológicas e morfológicas” (CURI *et al.*, 1993, p. 74)

As definições do solo apresentam aspectos comuns quanto à sua formação e sua função, podendo ser considerado como um recurso renovável, desde que seja utilizado e conservado de maneira adequada e apropriada após avaliação de suas características. Em síntese, pode-se apresentar seu desenvolvimento e os aspectos considerados para a sua avaliação (QUADRO1):

Quadro 1 - Síntese dos parâmetros pedológicos para uma avaliação ambiental.

PEDOGÊNESE				
FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO	- Material de origem; - Clima; - Organismos;		Solo Constituição	- minerais, - poros, - matéria orgânica; - organismos.
FUNÇÕES DO SOLO	- Promover o crescimento das raízes; - Receber, armazenar e suprir água; - Armazenar, suprir e ciclar nutrientes;		- Promover as trocas gasosas; - Promover a atividade biológica.	
ANÁLISE DOS ATRIBUTOS DO SOLO	Propriedades morfológicas	Propriedades químicas	Propriedades físicas	Propriedades biológicas
	Cor, textura, estrutura porosidade, cerosidade, consistência	pH, potássio, fósforo, cálcio magnésio, alumínio, matéria orgânica, (carbono orgânico), CTC ¹ .	Condutividade hidráulica, porosidade, capacidade de retenção de água, distribuição do tamanho de partículas, densidade do solo, resistência do solo a penetração, agregação, temperatura, etc.	Biodiversidade, atividade enzimática, C e N da biomassa, quociente metabólico, Taxa de mineralização de N.
	Avaliar as características das propriedades do solo, seguindo os parâmetros pré-estabelecidos; Averiguar se ocorreu ganho, perda ou manutenção da sua qualidade.			

LEITURA AMBIENTAL

Fonte: Adaptada de Resende *et. al* (2002) e Chaer (2001).

Ao se realizar uma leitura ambiental, com base no estudo dos solos, devem-se avaliar as relações existentes entre os fatores de formação do solo, as funções do solo e suas características. A avaliação e quantificação de seus atributos podem auxiliar no entendimento da sua funcionalidade e capacidade produtiva dentro de um ambiente, e assim definir se ocorreu a manutenção, o ganho ou a perda da sua qualidade.

O estudo dos solos está ligado ao desenvolvimento da vida, que até a bem pouco tempo era classificado como um sistema estático, composto por elementos minerais, orgânicos e alguns organismos. No entanto, o solo é um recurso natural resultado de um conjunto das alterações e

¹ Capacidade de Troca Catiônica

processos que atuam sobre um material de origem (rocha ou sedimentos), aliado a uma função de combinação dos fatores do clima, relevo, organismos e do tempo.

Para Resende *et al.* (2002, p. 1), é importante conhecer sempre a respeito do solo, uma vez que ele “ocupa uma posição peculiar ligada às várias esferas que afetam a vida humana. É, além disso, é o substrato principal da produção de alimentos”.

A importância do solo agrícola na produção de alimentos para a humanidade tem ganhado atenção especial no desenvolvimento de estudos acadêmicos, já que o processo de degradação está gerando sérios problemas ambientais na atualidade (Muzilli, 1983). Um dos principais fatores que compromete a capacidade de manutenção dos sistemas agrícolas em longo prazo é a falta de preocupação com relação ao uso e manejo adequado do solo. Nas grandes extensões de áreas agricultáveis no Brasil, ocorrem sérios problemas de degradação do solo, muitas vezes, resultantes da falta de informação sobre as potencialidades e limitações de uso e um bom manejo desse recurso (CORREIA *et al.*, 2004). Esse quadro é reflexo da falta de preocupação agrícola-ambiental adequada ao uso do solo, capazes de garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção à longo prazo.

A degradação do solo agrícola é um dos mais sérios problemas ambientais no mundo contemporâneo, comprometendo seriamente a agricultura e o ambiente natural (Foladori & Tomassino, 1998, *apud* BELOTTI, 2005). O negligenciamento desses aspectos tem elevado o custo ambiental e econômico da produção agrícola, evidenciando a necessidade de revisão das práticas de manejo prevalentes e adoção de práticas que melhorem o manejo do solo permitindo a sua utilização sustentável (Lal, 2000; Barrios & Trejo, 2003, *apud* BELOTTI, 2005).

O solo é um recurso natural muito utilizado que não pode ser considerado como apenas o produto residual da transformação de rochas,

“mas como uma entidade natural (os autores do fim do século dezenove dizem: ‘um corpo da natureza, independente e variável’). É um complexo material estruturado e dotado de regimes pseudocíclicos (diários e anuais) que evoluem ao longo do tempo e onde os caracteres estão em relação com a repartição de fatores de diferenciação: as rochas, os climas, a topografia, os seres vivos, a idade do solo. O solo é dotado de historicidade e de geograficidade” (Boulaine, 1989, *apud* CORREIA *et al.* 2004 p.5).

Cogo e Levien (2000) elaboraram uma análise da evolução histórica dos principais tipos de exploração agrícola das terras de cultivo utilizados no Brasil (QUADRO 2):

Quadro 2 - Evolução histórica da exploração agrícola das terras de cultivo no Brasil

Síntese das práticas agrícolas desenvolvidas no Brasil		
Tipo de exploração	Práticas agrícolas	
	Características gerais	Consequências
Colonial	Uso das terras nas regiões sul e sudeste do Brasil, sem assistência técnica ou incipiente uso de mecanização agrícola, associada a inexistência ou dificuldade de aquisição de insumos agrícolas.	O manejo resultou na degradação do solo, principalmente devido à derrubada da mata e/ou roçada da vegetação existente, seguido por queimadas
Mecanizada, com alto grau de mobilização do solo, sem atribuir a devida importância à cobertura do solo	- Contínuo uso da queima para manejar os resíduos culturais e utilização intensiva de arados e grades niveladoras de discos para o solo; - Maior preocupação do agrônomo com o aumento da produtividade agrícola de culturas específicas, como o trigo e a soja, por exemplo.	- Não identifica uma preocupação com o aspecto ambiental e sim uma preocupação no controle de pragas e doenças; - O terraceamento era intensamente usado no controle da erosão, uma vez que o solo possuía uma satisfatória estrutura física; - Não se sabia se as perdas de solo decorrentes eram prejudiciais, pois as pesquisas não tinham obtido essas quantificações.
Mecanizada, com redução no grau de mobilização do solo, porém sem ainda atribuir a devida importância à cobertura do solo.	- Mantêm as mesmas características da fase anterior, com diferença considerável apenas na forma de realização do preparo primário do solo que, ao invés de arador e grades aradoras, passa a ser feito por meio do uso de estratificadores (diminui o tempo de preparo do solo); - Uso intenso de maquinário agrícola,	- Redução da cobertura do solo e aumento da desagregação mecânica do mesmo; - Pesquisas voltadas para o aumento da produtividade.
Mecanizada, com redução no grau de mobilização do solo, mas já atribuindo a devida importância à cobertura do solo	- Melhoria técnica das máquinas agrícolas, como exemplo, as semeadoras-adubadoras foram dotadas de discos cortadores, evitando os embuchamentos; - Com base em estudo e pesquisas, diversas espécies de culturas de cobertura foram introduzidas para a adubação verde e/ou produção de grãos no inverno; - O controle integrado de pragas e doenças foi implementado, mas os insumos químicos ainda predominavam; - O manejo dos solos passou a ser executado em microbacias ou ao nível de glebas de terra;	- Intenso trabalho de conscientização dos agricultores, o fogo foi abolido da maioria das lavouras produtoras de grãos; - Em função do adiantado estágio de degradação em que se encontravam alguns solos de lavouras cultivadas com culturais anuais, foi disseminada a idéia e a prática de controlar a erosão por meio de terraços com grande capacidade de retenção de água, popularmente conhecidos como “murundus”; - A prática do plantio direto começava a ser implementado, com prática conservacionista no preparo do solo.

Continua

Síntese das práticas agrícolas desenvolvidas no Brasil		
Tipo de exploração	Práticas agrícolas	
	Características gerais	Consequências
Exploração mecanizada, sem mobilização do solo, com ênfase na diversificação de culturas e cobertura do solo e emprego de insumos químicos.	▪ É a fase da atualidade, em que a semeadura direta passou a ser o método de preparo recomendado a todos os tipos de culturas, frutíferas, hortaliças, pastagens e outras; ▪ O uso do maquinário agrícola sem prévio preparo do solo, como exemplo a semeadura-adubadoras já podem semear e adubar nas mais variadas condições de solo, tanto em superfície, quanto de subsuperfície em diferentes profundidades e velocidades de trabalho;	▪ O controle de plantas invasoras ainda necessita do uso de agrotóxicos (herbicidas), em função da escolha por práticas de manejo conservacionista, como a adubação verde, por exemplo, o que prejudica a colheita mecanizada.
Mecanizada, sem mobilização do solo, com ênfase na diversificação de culturas e coberturas do solo e emprego do cultivo orgânico	▪ Semelhante a fase anterior, com diferença somente quanto à preocupação em substituir os insumos ditos químicos por alternativos orgânicos;	▪ A agricultura orgânica é impulsionada em função da consciência de existência de um consumidor interessado em adquirir e consumir, cada vez mais, produtos sem agrotóxicos e adubos químicos.

FONTE: Adaptado de COGO & LEVIEN (2000).

A evolução histórica da exploração agrícola no Brasil busca demonstrar o desenvolvimento das técnicas agrícolas que influenciaram e modificaram intensamente o ecossistema natural para atender os interesses comerciais e as necessidades humanas na produção de alimentos. Nesse contexto a pesquisa em solos é um elemento norteador no desenvolvimento de ações de manejo e conservação do solo e da água, ou seja, saber o que plantar, onde plantar e como plantar, para produzir alimentos sem degradar o solo e água, a fim de estabelecer uma qualidade ambiental. Como todo recurso natural, o solo também apresenta seu tempo de vida útil na agricultura, e quando explorado exaustivamente e sem adoção de medidas ou tratamentos conservacionistas, também se esgota (COGO & LEVIEN, 2000).

A moderna agricultura brasileira, que muitas vezes importa os modelos de sistemas agrícolas, carrega agressões à natureza desde o período colonial. Os principais problemas estão relacionados com a devastação dos solos, o descontrole das pragas e doenças e a perda da qualidade biológica dos alimentos. No geral, os danos estão relacionados ao mau uso do ambiente, que fogem da concepção

de gestão racional², que estabelece uma interação entre a proteção do meio ambiente com as necessidades sociais do uso agrícola do solo, considerando ao mesmo tempo, uma produção qualitativa dos alimentos (GRAZIANO NETO, 1985).

Para Tomé (2004), o sistema agrícola necessita alcançar um manejo responsável, que seja ambientalmente correto, socialmente benéfico e economicamente viável, e que contemple a responsabilidade das organizações que atuam no bom manejo³ dos recursos naturais.

Conforme Pruski (2006) as operações de manejo do solo podem ser divididas em três etapas, conforme o quadro 3:

Quadro 3 – Etapas das operações de manejo dos solos

ETAPAS	Operações do solo
Primária	• Operações realizadas em maior profundidade, que objetiva soltá-lo e incorporar restos de culturas ao solo.
Secundária	• Consiste no nivelamento e o destorroamento do terreno, incorporação de herbicidas e eliminação de plantas daninhas logo após a semeadura ou plantio do solo. • Demais atividades que visem o desenvolvimento inicial da cultura.
Terciária	• Consiste na manipulação do cultivo que vise manter a fertilidade e eliminar as plantas daninhas que competem com cultura.

FONTE: Adaptado de Pruski (2006).

De acordo com Cogo e Levien (2000), espera-se que, enquanto vigirem os dois últimos tipos de exploração agrícola da terra apresentados no QUADRO 2, as práticas agrícolas devem considerar:

“o reflorestamento, a adubação verde, a matéria orgânica, a proteção de fauna e da flora, a cobertura do solo, os preparos de solo conservacionista, o aproveitamento racional de dejetos, o controle alternativo de pragas e doenças, o saneamento básico no meio rural, os cuidados com a água e o associativismo. Por meio de um processo participativo [...] poder-se-á chegar a uma agricultura mais limpa, menos poluidora e menos demandadora de energia, com maior lucratividade líquida financeira (...), e ao mesmo tempo, possa dar sustentabilidade à capacidade produtiva do solo e à qualidade do ambiente” (COGO & LEVIEN, 2000, p.116).

² A gestão e o uso racional dos recursos naturais são considerados como a integração entre a proteção do meio ambiente e as necessidades sociais de uso agrícola do solo (SACHS, 1997).

³ Segundo Tomé (2004), o termo ‘bom manejo’ surgiu no setor florestal para designar o manejo economicamente viável, ambientalmente adequado e socialmente benéfico. No setor agrário não existe padrões que estabeleçam o manejo responsável das áreas agrícolas, assim conceito de “bom manejo florestal” pode ser utilizado em sistemas agrícolas com manejo responsável.

A recuperação e conservação das áreas agrícolas devem ter um caráter prioritário tanto para manter e garantir a produtividade agrícola a médio e longo prazo, como para evitar impactos sobre outros recursos naturais do ambiente (BELOTTI, 2005).

A conservação do solo deve tratar “o uso da terra dentro dos limites de praticabilidade econômica, de acordo com suas capacidades e necessidades, para mantê-la permanentemente produtiva” (SCSA, 1982 *apud* COGO & LEVIEN, 2000, p.135), ou seja, a conservação deve incluir a combinação de todos os fatores de manejo e uso que visam a proteção do solo contra o seu esgotamento ou deterioração por fatores naturais ou ações praticadas pelo homem (CURI *et al.*, 1993).

A deterioração do ambiente ou os impactos provocados a partir da produção, transformação, distribuição de alimentos e produtos agrícolas, têm sido historicamente consideradas inerentes ao desenvolvimento das atividades do setor primário. Atualmente, no contexto mundial, com o crescimento das atividades agrícolas, devem-se propor iniciativas e criar estruturas para que se possam considerar todas as dimensões de um manejo responsável, a fim de garantir a manutenção dos recursos naturais e que também atenda as necessidades sociais no uso do ambiente (TOMÉ, 2004).

2.2 CONDICIONANTES AMBIENTAIS DO USO DO SOLO ASSOCIADOS À PRODUÇÃO AGRÍCOLA

A melhor escolha do uso da terra não é somente influenciada pelo tipo de solo e suas características, mas também pelo ambiente físico. Para determinar o uso do solo, é necessário considerar as características físicas do ambiente tais como relevo, vegetação, tipos e grau de susceptibilidade à erosão, disponibilidade de água e impedimentos à motomecanização, a fim de possibilitar um planejamento agrícola-ambiental respeitando a capacidade e as limitações da área em questão (LEPSCH, 1991). No entanto, uma avaliação ambiental pode agregar alguns levantamentos temáticos e, assim, contribuir no uso e gestão racional dos recursos naturais.

Lepsch (1991, p.26) afirma que “é necessário que se definam previamente os requisitos e ou condições ambientais ideais” para o desenvolvimento das atividades agrícolas. O Quadro 4 apresenta as condições ambientais esperadas para se obter um “solo ideal” para a maioria das culturas (França, 1980, *apud* LEPSCH, 1991).

Quadro 4 - Condições ambientais ideais para a maioria das culturas

Aspectos do solo	Condições ambientais
Profundidade efetiva	Deve ser suficiente para a expansão do sistema radicular das plantas, atingindo normalmente mais de 150 cm.
Fertilidade relativamente alta	Para que se possam atingir boas produções, ou com características que facilitem as devidas correções de eventuais deficiências de nutrientes.
Boa capacidade de armazenamento de água	Disponível para planta, sem ocasionar problemas de falta ou excesso.
Baixa erodibilidade	As condições locais como declividade, características morfológicas e suas propriedades físicas, permitam um controle efetivo da erosão.
Relevo favorável	Ausência de impedimentos a motomecanização
Condições térmicas e hídricas adequadas	Ambiente que possa proporcionar o crescimento e desenvolvimento das culturas, sem problemas de solução impraticável devidos à proliferação de ervas daninhas, pragas e doenças de plantas, prejudiciais a lavoura.

FONTE: Adaptado de LEPSCH, 1991.

O desenvolvimento de uma atividade agrícola deve buscar conciliar o aspecto do solo com as condições ambientais, a fim de promover uma viabilidade na produção agrícola. No entanto, as características apresentadas no Quadro 4 nem sempre são encontradas no ambiente, mostrando a necessidade de um planejamento agrícola-ambiental no intuito de reduzir o impacto e degradação de ambientes.

As informações tendem a ser enfatizadas, do geral para o mais específico, atendendo a variadas exigências em diferentes escalas. Segundo Resende *et al.* (1983), os estudos sobre solos estão nos níveis mais detalhados. Sabendo disso, um planejamento agrícola-ambiental aliado ao desenvolvimento da ciência do solo, pode auxiliar o desenvolvimento da atividade agrícola.

O Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras elaborado por Ramalho Filho *et al.* (1995) tem o intuito de classificar o uso das terras considerando as limitações do ambiente para o uso agrícola, o tipo de manejo e a disponibilidade dos recursos financeiros a serem investidos no sistema agrícola.

Tomé (2004) afirma que a maior dificuldade está em obter dados e informações que possam produzir conhecimentos úteis às decisões de manejo. As informações geradas pelo meio acadêmico ainda não contêm muitas respostas, o que pode representar uma oportunidade para o desenvolvimento de trabalhos, em parceria com as organizações (EMATER, EMBRAPA, dentre outras), construindo, por exemplo, em uma base de dados unificados a uma rede de informações já existente, integrando com novas demandas do setor agrário.

O desafio de um manejo ambientalmente responsável nas extensas áreas ocupadas por cultivos agrícolas é preocupante. Segundo Tomé (2004), as pesquisas desenvolvidas podem contribuir com uma produção responsável, que contemple os valores éticos como forma de planejar e

praticar o manejo responsável em qualquer agroecossistema. Assim, cria a possibilidade de fornecer a esse sistema parâmetros ou critérios, que possam promover a mínima alteração das características do solo e, por conseqüente, fornecer uma sustentabilidade ao ambiente.

2.2.1 Alterações e avaliações das características do solo em diferentes sistemas agrícolas

A função do solo não é somente sustentar um sistema agrícola ou de ocupação, mas também constituir fator na manutenção da qualidade ambiental, com efeito local e regional. De acordo com Reinert (1998, p.163), o solo é considerado um “corpo natural organizado, vivo e dinâmico, que desempenha inúmeras funções no ecossistema terrestre”. Essas variadas funções envolvem processos para o desenvolvimento da vida, ou seja, prover o suporte físico e os nutrientes para as plantas, promover a retenção e o movimento da água, suportar as cadeias alimentares do solo e as funções reguladoras do ambiente, incluindo a ciclagem de nutrientes, a diversidade microbiana, a remediação de poluentes e a imobilização de metais pesados (Bezdicek, 1996).

Para Pavan (1998), a matéria orgânica pode ser considerada como ‘a vida do solo’, em função da sua importância nas principais propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (QUADRO 5). A análise desse efeito não deve ser avaliada sozinha, mas deve-se considerar a interação entre as propriedades do solo e a matéria orgânica, a fim de melhorar a produtividade agrícola.

Quadro 5 – Os benefícios da matéria orgânica nas principais propriedades do solo

Propriedades do solo	Influência da matéria orgânica			Efeitos no solo	
Física	MAIOR	▪ Infiltração; ▪ Retenção de água;	▪ Consistência; ▪ Agregação;	▪ Estrutura; ▪ Cor.	▪ Capacidade de aeração e infiltração de água no solo; ▪ Disponibilidade de água para as plantas.
	MENOR	▪ Temperatura; ▪ Densidade aparente.			
Química	Fonte de Nutrientes: N, P K S B Fé, Mn, Zn, Cu, Mo; Fonte de ligante orgânico				▪ Fertilidade dos solos e necessidade de adubação; ▪ Disponibilidade de nutrientes para as plantas; ▪ Disponibilidade de micronutrientes e elementos tóxicos.
	MAIOR	▪ Poder tampão; ▪ Complexação – Quelatos; ▪ pH e Troca de Cátions	▪ Reação com metais:Al, Cu, Mn (complexo orgânico); ▪ Solubilização de nutrientes.		
	MENOR	▪ Fixação			

Continua

Propriedades do solo	Influência da matéria orgânica		Efeitos no solo
Físico-química	MAIOR	▪ Adsorção de nutrientes; ▪ CTC; ▪ Superfície específica; ▪ Movimento de calcário.	-
Biológica	MAIOR	▪ Atividade de organismos benéficos; ▪ Mineralização; ▪ Diversidade de populações de flora e fauna.	Na atividade biológica e desenvolvimento de plantas.

Fonte: Adaptado de PAVAN (1998) e CAMARGO (2000).

Dentre os constituintes do solo a matéria orgânica tem papel de destaque, pois é a maior fonte de C, P, N, e S, e responsável pela reciclagem e disponibilidade desses elementos, que são constantemente alterados pela mineralização e imobilização microbiológica. Ao caracterizar o solo, o conteúdo de água, oxigênio, temperatura à resistência mecânica e a disponibilidade de nutrientes, praticamente, constituem os mais importantes parâmetros relacionados diretamente com a produtividade dos ‘cultivos de sequeiro’ ⁴ conforme Letey (1985) *apud* Reinert (1998).

A degradação do solo ocorre à medida que este não oferece mais as condições desejáveis relacionadas ao crescimento de plantas. Lal e Stuart (1990) expõem que a deterioração do solo refere-se ao declínio da sua qualidade causado pelo mau uso humano. Há três principais tipos de degradação do solo (QUADRO 6).

Quadro 6 - Classificação dos tipos de degradação do solo

DEGRADAÇÃO DO SOLO			
CONDICIONANTE	FÍSICA	QUÍMICA	BIOLÓGICA
	▪ Perdas ligadas à forma (densidade, porosidade, infiltração, aeração...); ▪ Perdas ligadas à estabilidade (resistência dos agregados); ▪ Alta resistência a penetração de raízes; ▪ Limitações de aeração; ▪ Alta susceptibilidade à erosão.	▪ Retirada ou saída de nutrientes do solo; ▪ Possibilidade acúmulo de elementos tóxicos; ▪ Desequilíbrio das condições químicas que são prejudiciais ao crescimento das plantas	▪ Redução da matéria orgânica; ▪ Redução da atividade e diversidade de microorganismos

Fonte: Adaptado de REINERT (1998)

Os fatores de degradação do solo, citados por Dias & Griffith (1998), estão de acordo com a visão do projeto de avaliação mundial da degradação do solo (GLSOD - *Global Assessment of soil*

⁴ Lavoura das regiões deficientes em chuva ou realizada em terrenos altos, bem drenados, sem uso da irrigação (CURI *et al.*, 1993).

Degradation), pertencente ao programa de Meio ambiente das Nações Unidas, e que foi implantado e executado pelo Centro Internacional de Informação e Referência de solos - IRSIC, na Holanda.

O Quadro 7 também traz uma comparação entre os fatores de degradação do solo do mundo e da América do Sul. De acordo com a mesma fonte, 14% da área degradada no mundo se encontram na América do Sul.

Quadro 7 – Comparação entre as áreas degradadas do mundo e da América do Sul

FATORES DE DEGRADAÇÃO	Áreas mundiais degradadas (%)	América do sul (%)
Superpastejo da vegetação;	34.5	27.9
Desmatamento ou remoção da vegetação natural para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e urbanização;	29.4	41
Atividades agrícolas, incluindo ampla variedade de praticas agrícolas, incluído ampla variedade de práticas agrícolas, como uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, uso de água de irrigação de baixa qualidade, uso inapropriado de máquinas agrícolas e ausência de práticas conservacionistas de solo;	28.1	26.2
Exploração intensa da vegetação para fins domésticos, como combustível, cercas etc., expondo o solo à ação dos agentes de erosão;	6.8	4.9
Atividades industriais ou bioindustriais que causam a poluição do solo.	1.2	-*

Fonte: Adaptado de DIAS & GRIFFITH (1998). *Não apresenta dado.

O levantamento sobre os fatores de degradação no Brasil é ainda muito precário. Dias e Griffith (1998, p.2) afirmam que, apesar da “ausência de avaliações exatas a respeito da extensão de áreas degradadas no Brasil, todas as estimativas apontam para o desmatamento e para as atividades agrícolas como os principais fatores de degradação dos nossos solos”. Segundo os mesmos autores, a caracterização da degradação das atividades agrícolas é de difícil definição, uma vez que ocorrem de maneira lenta e gradual e, muitas vezes, podem estar em processo de degradação sem conseqüências visuais claras e bem caracterizadas, ao contrário das atividades consideradas com alto poder impactante como as minerações e obras de engenharia, como barragens, por exemplo.

As causas de degradação do solo pela ação antrópica têm crescido pelo mundo, e um dos principais é o desmate, nas regiões tropicais, a fim de atender às necessidades da produção de alimentos. A Figura 1 apresenta um panorama da disponibilidade e uso do recurso solo pelo mundo.

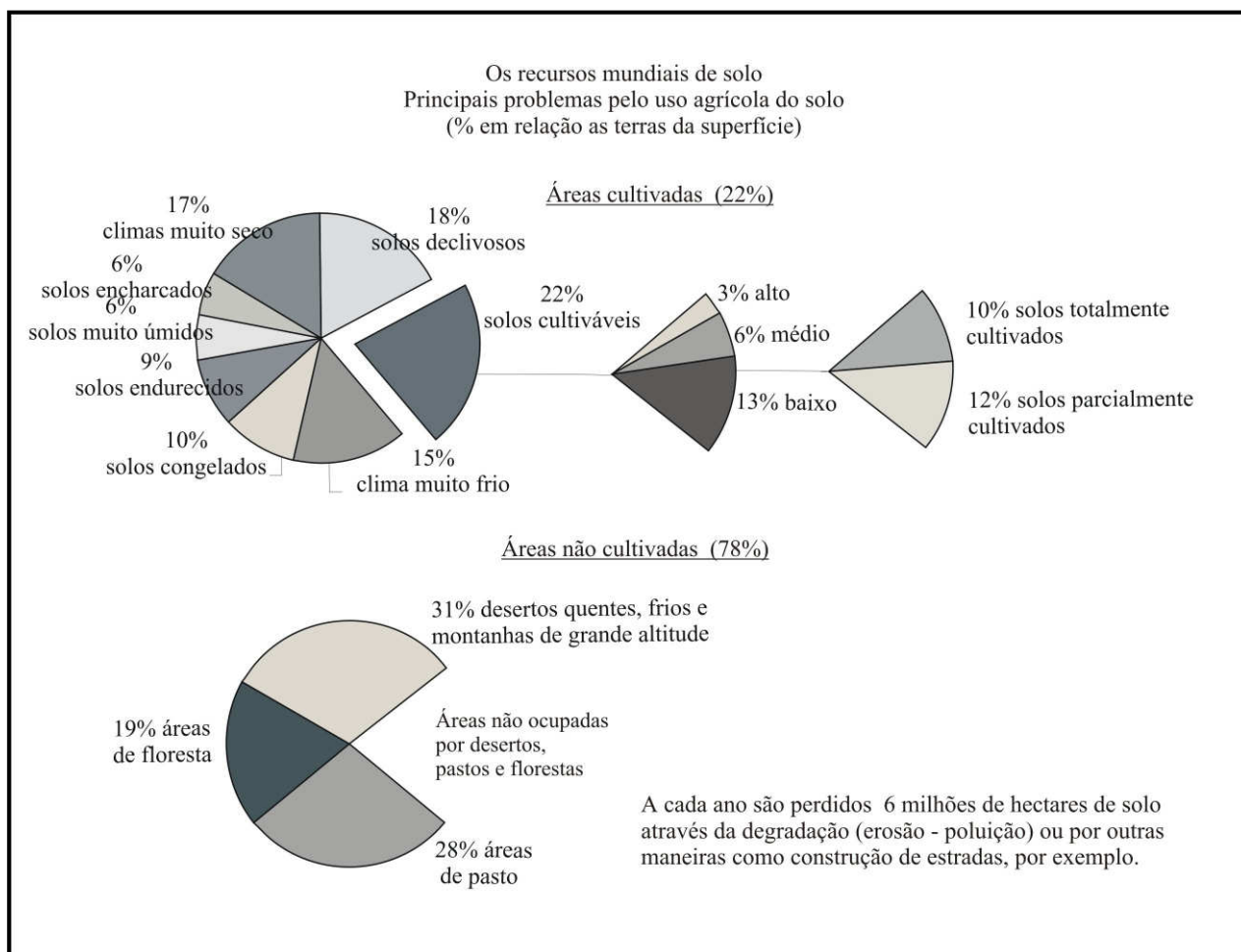


Figura 1 - Panorama do uso das terras disponíveis pelo mundo

Fonte: Adaptado de MELFI *et al.* 1999, p. 26.

Embora o impacto de obras de engenharia e mineração sensibilize mais a população, essas atividades têm uma ação intensa em uma área muito menor quando comparada ao desmatamento e superpastejo. Deve-se avaliar o impacto de uma degradação tanto pela extensão quanto pela intensidade. Muitas vezes uma degradação pontual tem um efeito muito maior, pois pode atingir leitos de rio e comprometer uma bacia hidrográfica inteira (DIAS & GRIFFITH, 1998).

No caso da agricultura, a retirada da mata e a implantação de pastagens com o uso inadequado de insumos, onde o solo não fornece nutrientes suficientes para o desenvolvimento da vegetação, aliada à manutenção de carga excessiva de animais e o manejo inadequado dos solos sem o uso de práticas conservacionistas, são as principais causas de degradação.

Uma das dificuldades de recuperação destas áreas degradadas está na falta de diagnóstico precoce, pois a perda de solo com a ocorrência de erosão superficial e a perda de fertilidade demora a ser percebida pelos agricultores. Para que essa situação seja evitada a ciência do solo tem tentado

associar a degradação à alteração dos parâmetros de qualidade do solo. Diversos autores têm apontado os parâmetros e atributos de qualidade do solo e salientam que os valores de referência não devem ser fixos. Os valores de referência devem ser os obtidos em uma área próxima à área avaliada em que não tenha havido ação antrópica (ABDO, 2006).

Estudos da *Food and Agriculture Organization* - FAO estimam uma perda de 25 bilhões de toneladas de solo por ano em todo mundo, conforme apresentado por Lal (1999). Segundo Melfi *et al.* (1999), a fim de garantir uma produtividade agrícola que possibilite um melhoramento da renda rural, atendimento às necessidades humanas e a promoção de qualidade do ambiente, devem-se propor estratégias de administração que conjuguem esses interesses.

O manejo inadequado de solos agrícolas tem proporcionado aumento significativo de terras degradadas. O desconhecimento de práticas conservacionistas e a ausência de planejamento do uso do solo aliada ao aumento da demanda de alimentos podem ser considerados como fatores decisivos para o estabelecimento desse cenário. Outro aspecto a ser considerado em relação às atividades agrícolas refere-se à dificuldade de diagnosticar o processo de degradação (DIAS & GRIFFITH, 1998). Nesse sentido, observa-se a necessidade de promover um aprimoramento nos indicadores do processo de degradação de solos aliado à necessidade de promover uma conscientização do agricultor com relação às práticas de manejo e de conservação do mesmo.

Com o passar do tempo, a utilização contínua do solo, tem acarretado mudanças significativas nas suas propriedades, principalmente em sistema de preparo convencional. Essas mudanças englobam a perda do teor de matéria orgânica ocasionada pelo aumento da erosão (STEVENSON, 1986 *appud* Andreola, 1996) ou pelo revolvimento do solo, o que torna um ambiente favorável ao aumento da atividade microbiana e, conseqüentemente, aumento da decomposição e mineralização, redução do diâmetro médio dos agregados e sua estabilidade (COSTA & COELHO, 1990); assim como proporciona o aumento da microporosidade com a redução da macroporosidade (OLIVEIRA *et al.*, 1983); diminuição da velocidade de infiltração da água da capacidade de retenção de umidade do solo, aumento da densidade do solo (ANJOS *et al.*, 1994), do selamento superficial e do escoamento da água (ALVES *et al.*, 1995).

Com o uso intensivo do solo, geralmente ocorre a deterioração das suas propriedades físicas, há modificações na densidade, permeabilidade, estrutura, porosidade e estágio de agregação, assim como também, ocorrem mudanças nas propriedades químicas como o pH e a matéria orgânica, que podem variar consideravelmente, dependendo da textura e da frequência do cultivo do solo. Andreola (1996) afirma que os solos em seu estado natural, sob vegetação nativa, apresentam

características físicas, agronomicamente desejáveis. Entretanto, à medida que os solos vão sendo trabalhados motomecanicamente, consideráveis alterações vão ocorrendo.

Dentre as características físicas do solo e até mesmo do ponto de vista agrícola, a estrutura é um dos seus atributos mais importantes, pois está relacionada com a disponibilidade de ar e água às raízes das plantas, com a infiltração de água e a sua retenção, com o suprimento de nutrientes, com a resistência mecânica do solo à penetração e com o desenvolvimento do sistema radicular (BAVER *et al.*, 1972; TISDALL & OADES, 1982).

Uma das principais alterações do solo está relacionada à sua estrutura, uma vez que o seu equilíbrio é dependente do processo de agregação (SILVA, 2000). A agregação do solo é um processo que ocorre em duas etapas, sendo a primeira relacionada com a aproximação das partículas e a segunda com a sua estabilização por agentes cimentantes (Baver *et al.*, 1972). O produto final desse processo resulta na formação de unidades estruturais, que em conjunto, definem a estrutura do solo. A estrutura do solo é a propriedade física mais relacionada à degradação e recuperação dos mesmos, e apresenta grande dinamicidade no tempo em função do manejo (REINERT, 1998).

Segundo Resende *et al.* (2002), a estrutura do solo é dada pela agregação das partículas primárias - argila, silte e areia, juntamente com a matéria orgânica - em unidades maiores - agregados-, que no geral, pode fornecer ao solo cinco tipos de estrutura, conforme a Figura 2:

FORMA (TIPO)	CARACTERÍSTICA	OCORRÊNCIA TÍPICA
Grânulos 	Não há direção preferencial; os agregados têm mais ou menos as mesmas dimensões em todos os eixos. Muito poroso em conjunto	No horizonte A rico em matéria orgânica, e nos Latossolos ⁵
Grumos 	Idem, porém mais poroso.	No horizonte A chernozêmico de alguns solos.

Continua

⁵ Apenas nos Latossolos. Horizonte B, é que a estrutura tende a ser verdadeiramente granular; no horizonte A há maior atividade de expansão e contração, os grânulos mais se parecem blocos.

FORMA (TIPO)	CARACTERÍSTICA	OCORRÊNCIA TÍPICA
Blocos 	Semelhante a grânulos, mas as faces tendem a ser mais planas, e no solo estão em contato através das faces.	Horizonte B dos solos com B textural (principalmente Podzólico e Terras Roxas estruturadas, atualmente Alissolos, Argissolos, Luvisolos e Nitossolos)
Prismas 	O eixo vertical é maior. É uma estrutura alongada, formada geralmente de agregados menores em blocos.	Em muitos solos com B textural. No corte exposto dos Latossolos (nesse caso geralmente não é composto de blocos)
Colunas 	Idem prismas, mas a parte superior é arredondada. São compactas (muito pouco porosas).	Horizonte B solonético (horizonte B plânico com alto teor de Na ⁺)
Laminar 	O eixo vertical é menor	No horizonte A2 (atualmente designado E, de eluvial) de muitos Podzólico (Alissolos, Argissolos, e Luvisolos). Por efeito de compressão, pisoteio, por exemplo, na camada superficial.

Figura 2 - Tipos de estrutura, suas características e onde ocorrem.

Fonte: RESENDE *et al.*, 2002, p. 54.

As análises da estrutura do solo podem ser feitas por meio de determinações indiretas que avaliam a quantidade de agregados estáveis em água (OLIVEIRA *et al.*, 1983; SILVA *et al.*, 2000). Assim, os métodos que quantifiquem e qualifiquem as condições estruturais são importantes para avaliar a qualidade do solo (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990), consideradas um indicador da sustentabilidade dos sistemas de uso e manejo (ARSHAD *et al.*, 1996; HARRIS *et al.*, 1996; MUCKEL & MAUSBACH, 1996), conforme citado por Beutler *et al.* (2001).

Do ponto de vista agrícola, a manutenção de uma boa estabilidade de agregados, conseqüentemente a formação de boa estrutura do solo, é condição primordial para garantir altas produtividades (PERIN *et al.*, 2001). Vários trabalhos realizados no Brasil envolvem a quantificação de índices de estabilidade de agregados e da distribuição destes por classe de tamanho, estabelecendo relações com atributos químicos e físicos em vários sistemas agrícolas (SILVA *et al.* 2000; BEUTLER *et al.* 2001).

Em seu trabalho, Palmeira et al. (1999) constataram que a maior concentração de agregados estáveis em água, na classe de maior tamanho, ocorreu nos sistemas de cultivo com mínima mobilização do solo, enquanto a maior concentração, na classe de menor diâmetro, ocorreu nos tratamentos com maior ação antrópica.

Outra característica que atua na qualidade do solo é a cobertura vegetal, que de acordo com Andreola (2000), influencia diretamente a agregação, a densidade, a retenção de água, a porosidade e a aeração do solo. Esse aspecto tem sido relacionado ao avaliar o teor de carbono orgânico presente nos diversos cultivos anuais ou perenes, principalmente, com relação à estabilidade de agregados, sendo relatado que, o cultivo intensivo provoca a redução da estabilidade e proporciona o aumento da oxidação da matéria orgânica, comprometendo a absorção de nutrientes pelas plantas e o desenvolvimento da atividade agroeconômica.

Dentre as conseqüências da atividade agroeconômica estão a erosão, o desgaste físico do solo, a queda da biodiversidade e a perda de nutrientes, sendo que os dois últimos são influenciados pela qualidade física do solo e por fatores ambientais como umidade e temperatura, por exemplo (MELFI *et al.*, 1999).

Oliveira *et al.* (1998) afirmam que a diversidade das características físicas, químicas e mineralógicas dos solos, apontam variações de comportamento frente ao uso agrícola, indicando adequações diferenciadas nas práticas de manejo.

No seu trabalho, Araújo *et al.* (2004a) constataam que as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico apresentaram diferenças entre o solo sob mata nativa e o cultivado. O solo sob cultivo apresentou maiores valores de densidade do solo e menores valores de porosidade total e de macroporosidade. Esses aspectos afetaram a resistência do solo à penetração e à retenção de água, considerados como reflexo do seu uso.

Araújo *et al.* (2004b), em seu trabalho sobre o uso da terra e as propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia ocidental, verificaram que sob pastagem de braquiaria, o solo apresentou os maiores valores de densidade no horizonte A, o que revela tendência à compactação. Os nutrientes avaliados e o carbono orgânico apresentaram baixos teores e estavam concentrados nos primeiros centímetros do solo.

A partir disso, nota-se que há uma relação entre as condições físicas do solo e o desenvolvimento das plantas. Solos desestruturados e compactados geralmente apresentam valores baixos de porosidade, dificultando a penetração de raízes e a difusão de oxigênio (PALMEIRA *et al.*, 1999). Ao manejar um solo, devem-se adotar técnicas de cultivo que mantenham a estrutura do solo favorável ao crescimento das plantas, uma vez que o processo de compactação é influenciado, ainda

pela matéria orgânica, pela estrutura, pelo conteúdo da água (REINERT, 1998) e pela densidade do solo (CARPENEDO, 1990).

Souza *et al.* (2003) concluíram, em seu trabalho, que os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo apresentaram melhores condições de qualidade do solo, pois além da melhoria nas condições químicas do solo, a matéria orgânica manteve-se em níveis similares às do sistema natural. No intuito de reverter e evitar o processo de degradação física dos solos agrícolas, práticas de manejo de solos e de culturas, tais como cultivo mínimo, plantio direto, adubação verde, consorciação, rotação de cultura, entre outras têm sido recomendadas (ANDREOLA, 1996).

Segundo Araújo *et al.* (2004b), um solo degradado pode apresentar, além da redução da quantidade de água disponível, uma menor taxa de difusão de oxigênio e maior resistência do solo à penetração, as quais podem influir no crescimento das plantas e, conseqüentemente, implicam a disponibilidade de água no solo. Dessa forma, a caracterização dos efeitos dos sistemas de uso e manejo sobre a degradação e qualidade física do solo é mais bem quantificada por medidas integradoras dessas modificações. Gomes *et al.* (2004) afirmam que evitar a degradação de terras produtivas e avançar em aspectos específicos de qualidade dos solos são demandas que se relacionam com o aumento do conhecimento sobre a diferenciação de atributos dos solos nos seus respectivos ambientes naturais. Esse quadro ambiental pode, muitas vezes, refletir uma queda da produtividade ou até mesmo inviabilizar um empreendimento agrícola.

Portanto, os trabalhos realizados no país apontam modificações ocorridas nas propriedades físicas e químicas do solo ligadas ao uso e manejo do mesmo, seja pelo tipo de cultivo ou pela técnica empregada. Para avaliar as alterações nos atributos do solo devem-se comparar as suas características submetidas a uma atividade agrícola e considerar outro sob mata nativa, ou seja, um ecossistema não alterado, como parâmetro para a avaliação das transformações ocorridas. A partir da quantificação e a qualificação dessas propriedades, pode-se analisar quais os indicadores mais relevantes na avaliação e implementação de uma sustentabilidade em sistemas agrícola-ambientais.

2.2.2 Monitoramento da qualidade do solo: conservação e recuperação

O conceito de degradação do solo ou de qualidade de solo pode ser relativo, dependendo da finalidade do uso atribuído ao mesmo. Para a engenharia civil, um solo compactado e adensado pode ser considerado um bom solo para construções e edificações. Já para a engenharia agrônômica, essas características podem assinalar um processo de degradação, pois impede o crescimento de raízes e reduz a taxa de infiltração da água.

No desenvolvimento das atividades agropecuárias o solo será denominado arável ou produtivo, ou seja, que proporcione condições de cultivo ou possua características “químicas, físicas e biológicas que sejam favoráveis a produção econômica de culturas adaptadas a uma área particular”. (CURI *et al.*, 1993, p.77).

Ao considerar o solo como a base de sustentação do sistema agrícola, enfatiza-se a importância da sua preservação, pois essa se constitui necessária para a manutenção da produtividade e da qualidade ambiental. Reinert (1998) afirma que a recuperação de um solo degradado requer um melhoramento da sua qualidade para adquirir novamente suas condições originais. No entanto, o melhoramento de um solo degradado significa garantir sua funcionalidade, e não necessariamente requer a recuperação das suas características originais, mas necessita da manutenção e planejamento das atividades desenvolvidas, a fim de viabilizar os diversos sistemas de uso agrícola.

Os atributos considerados indicadores de mudança na qualidade do solo devem ter a capacidade de serem sensíveis ao manejo numa escala de tempo que permita a verificação de suas alterações. O monitoramento periódico das propriedades do solo vem sendo utilizado no intuito de se obter um melhor aproveitamento na produtividade das culturas e um planejamento da resistência do solo à erosão hídrica e degradação ambiental (PALMEIRA *et al.*, 1999).

Para PERIN *et al.* (2001), o declínio da produtividade dos solos agrícolas de regiões tropicais e subtropicais cultivados continuamente tem sido atribuído principalmente à erosão e à redução dos níveis de matéria orgânica. A proteção do solo com coberturas vivas ou mortas é uma das alternativas mais efetivas no controle de sua degradação. Nesse sentido, sistemas de manejo que protejam o solo dos agentes climáticos e que proporcionem uma contínua contribuição de resíduos orgânicos vêm sendo desenvolvidos e adaptados, dada a importância na formação de condições edáficas mais estáveis à produção. Em geral, mesmo utilizando diferentes práticas de manejo, esses podem influir de maneira diferenciada em um mesmo tipo de solo.

Os estudos de Reinert (1998) sobre a recuperação de solos em sistemas agropastoris propõem que a medição das propriedades físicas e químicas do solo constituía parâmetro na avaliação da qualidade do mesmo. No sentido contrário à degradação, a recuperação da qualidade pode ser avaliada e quantificada no tempo e comparada às condições originais de cada solo. Os atributos do solo relacionados à sua funcionalidade auxiliam a medir de maneira indireta a qualidade dos solos e fornece subsídios para o monitoramento das condições ambientais.

Em geral, considera-se que os solos que tenham uma menor mobilização apresentam uma melhor estrutura, resultado de um adequado planejamento agrícola sustentável, ao contrário de sistemas agrícolas com o uso mais intensivo do solo, proporcionando uma maior mudança nas

propriedades físicas e químicas do mesmo. A análise dessas propriedades do solo pode induzir ou determinar o grau de aptidão agrícola ou qual seria o uso mais adequado, a fim de não promover sua degradação ou influir na degradação ambiental. Mesmo um solo que possua uma elevada aptidão agrícola, por exemplo, caso seja manejado de forma incorreta, está sujeito a degradação.

Todos os atributos do solo têm que ser colocados um com relação ao outro, sua qualidade do solo não pode ser descrita e/ou quantificada, por nenhum indicador individualmente. A avaliação direta das propriedades do solo parece ser a forma mais adequada de medir ou monitorar a sua conservação ou qualquer processo de degradação em curso (Burger, 1996, *apud* CHAER, 2001). No entanto, não existem padrões estabelecidos para avaliar a qualidade do solo, uma vez este possuir uma grande diferenciação nas suas características. A qualidade ideal para um solo também não é conhecida, e o ideal irá diferir entre os vários tipos de solo e para cada cultura. Logo, é necessária a determinação de referências que possam servir de base para a interpretação e comparação.

Para Doran e Parkin (1994), citados por Reinert (1998), a qualidade do solo consiste na sua capacidade de funcionalidade dentro de um ecossistema, sustentando a produtividade agrícola, mantendo a qualidade ambiental e promovendo a sanidade animal e vegetal. Para se manter essa capacidade, os autores sugerem considerar a influência dos seguintes fatores: agregação, conteúdo de matéria orgânica, profundidade, capacidade de retenção de água e taxa de infiltração, para que se possa determinar sua qualidade.

A ciência do solo tem associado o conceito de degradação à própria definição de qualidade do solo, ou seja, à medida que os parâmetros determinados para avaliação das características da qualidade do solo forem alterados, pode-se constatar um processo de degradação das suas características. Para avaliar esse quadro, o ideal é considerar um solo em uso e compará-las a um sistema em equilíbrio.

O ecossistema natural é considerado como um sistema em equilíbrio, auto-sustentável e cíclico, ao contrário do ecossistema agrícola, analisado como um sistema aberto com interferências antrópicas que visam atender as interesses de produtividade e comerciais. No entanto muitas vezes a falta de um plano de ação nesse ambiente acaba por promover uma deterioração ou uma degradação desse sistema, deixando sem utilidade as pretensões humanas (PAVAN, 1998).

Para Doran *et al.* (1994), conforme Dias e Griffith (1998), o uso de índices que demonstrem o estágio da qualidade do solo está sendo utilizado como indicadores do estágio de deterioração do ambiente, assim como vem sendo usado também para avaliar a sustentabilidade de manejo do solo. Entretanto, a degradação de terras agrícolas deve enfocar não só aspectos relativos ao meio físico,

mas aspectos também econômicos, pois a perda da produtividade pode estar relacionada com a degradação do solo.

Em todo mundo, a degradação do componente solo tem sido associada com a intensificação da agricultura. Segundo LAL (1999), a degradação do solo é considerado um grave problema nas regiões tropicais, uma vez que a atividade agropecuária é considerada como a base econômica do país, praticada sem um controle ambiental. A degradação do solo interfere na qualidade da água, no equilíbrio da biodiversidade, assim como está interligado a aspectos sócio-espaciais da sociedade, (FIGURA 3)

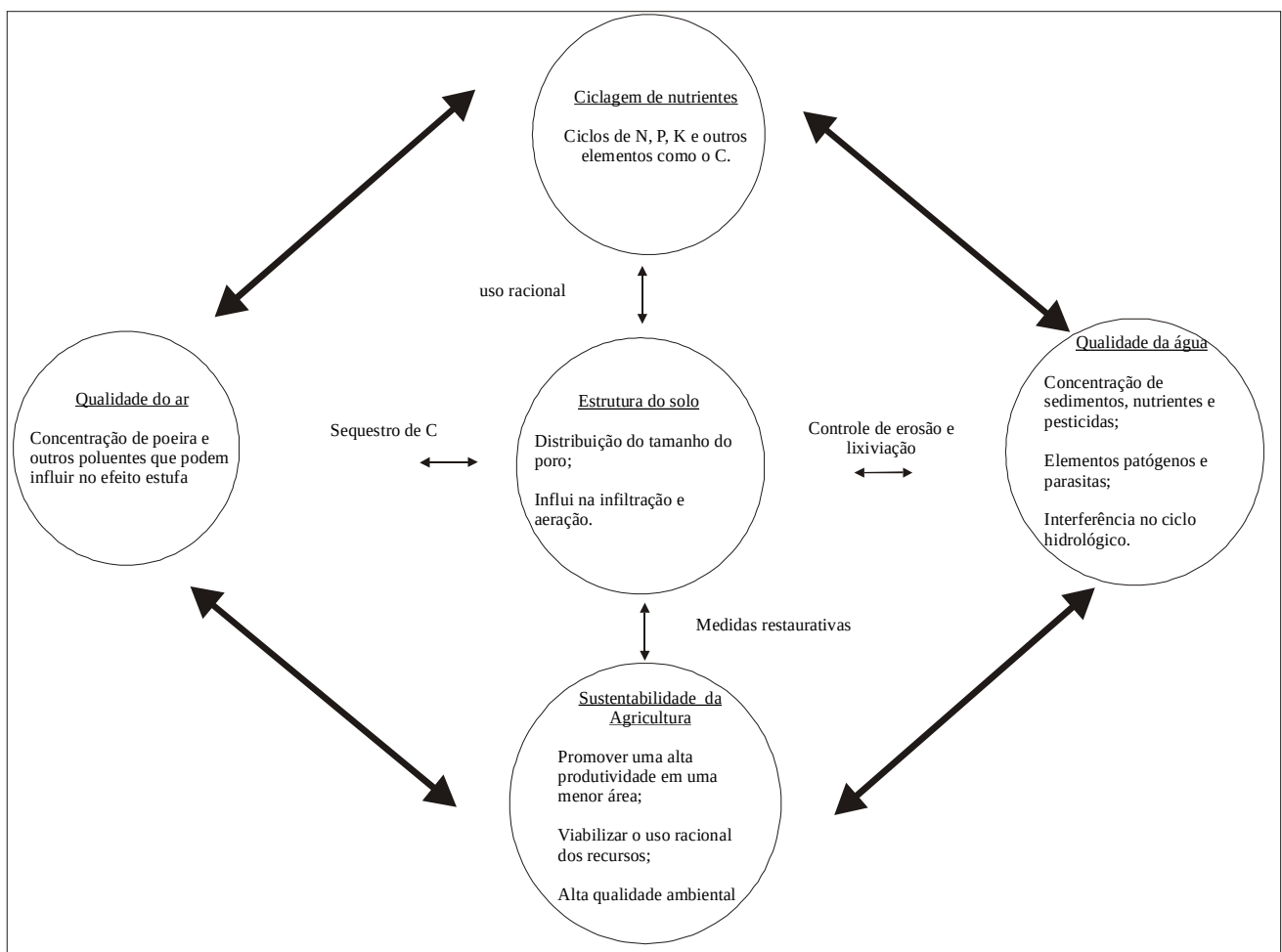


Figura 3 - A interferência do solo no equilíbrio da biodiversidade

Fonte: Tradução LAL, 1999, p.38.

A agricultura brasileira não têm conseguido alcançar níveis satisfatórios de produtividade, em função dos aumentos no ‘custo de produção’ que não são compensados no ‘aumento da produção’ por área, o que compromete a rentabilidade do agricultor e a manutenção do sistema agrícola-ambiental (GRAZIANO NETO, 1985). A avaliação dos impactos ambientais ainda não é uma

atividade incorporada e consolidada no desenvolvimento das atividades do setor agrário (TOMÉ, 2004). No quadro sócio econômico vigente, o desafio é associar a satisfação dos interesses financeiros com a possibilidade de preservação do ambiente.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 LOCALIZAÇÃO

O município de São José da Lapa está inserido na Região Metropolitana de Belo Horizonte, na porção central do estado de Minas Gerais. A área de estudo encontra-se na porção oeste do município, próxima à divisa com os municípios de Confins, Pedro Leopoldo e Vespasiano, especificamente entre as coordenadas geográficas a 44° 05", longitude W e 19° 40" de latitude S (FIGURA 4), sendo denominada Bacia do Córrego Cabeleira, afluente do Ribeirão Areias e subafluente do Ribeirão da Mata.

3.2 GEOLOGIA

A geologia do município de São José da Lapa constitui-se numa área de transição entre duas unidades geológicas: o Complexo Basal Indiferenciado e o Grupo Bambuí. Segundo o mapeamento geológico do “Projeto Vida” da CPRM (1994) existem na área de estudo 5 unidades cristalográficas (FIGURA 5).

O embasamento ocupa a maior parte do município, estendendo-se pelas regiões noroeste, centro e sul, (DNPM/EEUFMG, 1969), e compreende as rochas mais antigas da área, de idade pré-cambrianas, sendo formado por biotita-gnaises, granitóides e migmatitos, estes com estruturas diversas, que recobrem a maior parte da Bacia do córrego Cabeleira. Quando alteradas, como freqüentemente ocorrem, formam espesso manto regolítico rosado, e de susceptibilidade erosiva elevada, comumente apresentando esfoliação esferoidal. Este complexo ocorre, principalmente, na porção sul das Folhas de Pedro Leopoldo e Lagoa Santa (IGA, 1984).

O Grupo Bambuí apresenta rochas de idade Proterozóica Superior, constituído pela Formação Sete Lagoas, que é composta por rochas calcárias. A formação Sete Lagoas é composta da base para o topo pelos membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa. Estruturalmente, este grupo apresenta feições típicas, sendo os aspectos deformacionais pouco intensos, com pequenos arqueamentos e falhamentos, os quais constituem as feições mais importantes na região. Segundo o IGA (1984), as rochas deste grupo são pouco metamorfizadas e ocorre em todas as Folhas: Pedro Leopoldo, Belo Horizonte e Lagoa Santa.

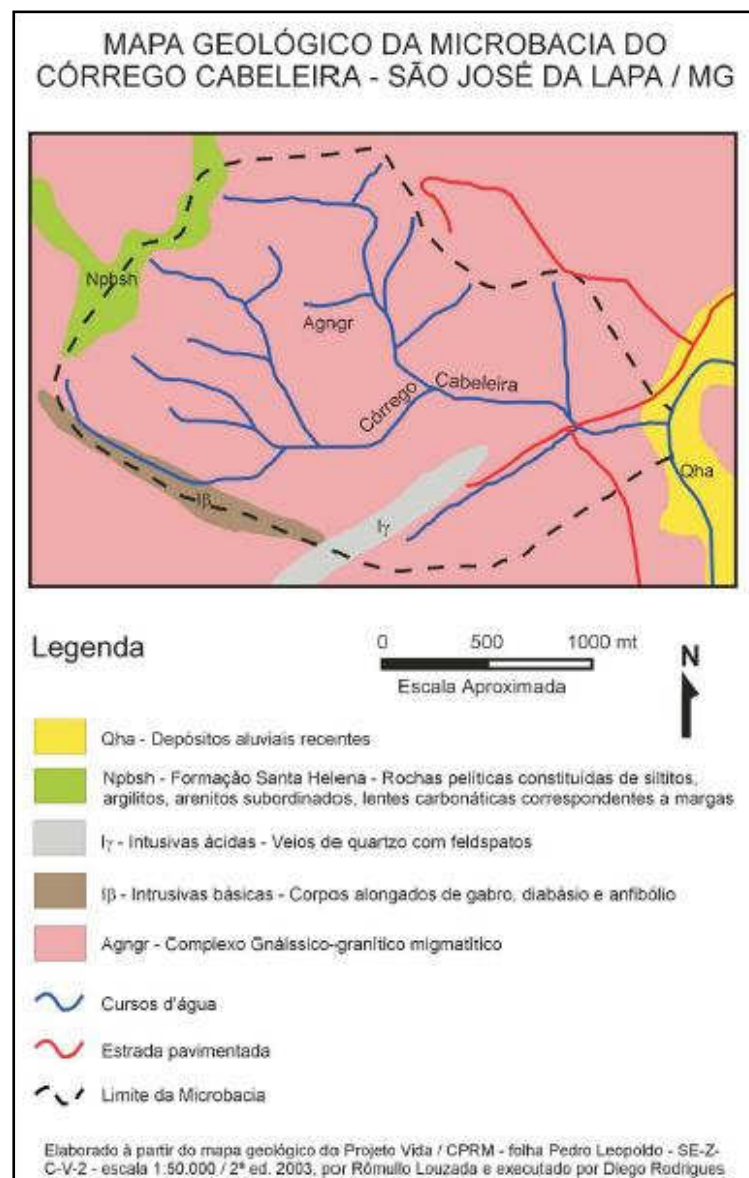


Figura 5 – Mapa Geológico da microbacia do Córrego Cabeleira

FONTE: LOUZADA, 2005.

Ocorre um grupo de rochas intrusivas que podem ser divididas em duas unidades: intrusivas ácidas compostas por veios de quartzo fraturados com feldspatos associados; e intrusivas básicas constituídas de gabros, diabásio e anfibólios, correspondendo a segunda e a terceira unidade cristalográfica.

Na porção NW da Bacia do Córrego Cabeleira, próxima à sua cabeceira, encontra-se a formação geológica relativa ao Grupo Bambuí, que faz parte da formação Serra de Santa Helena. Essa é a quarta unidade constituída por rochas sedimentares tais como, os siltitos, argilitos e arenitos. Por fim, a quinta unidade localiza-se na porção E, na confluência do córrego Cabeleira com o ribeirão Areias, e corresponde à formação geológica mais recente, datada do Cenozóico, constituída de sedimentos aluvionares.

3.3 GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia do município de São José da Lapa apresenta variações no relevo associadas à geologia local (Grupo Bambuí e Embasamento), podendo distinguir dois principais domínios geomorfológicos.

O primeiro domínio geomorfológico refere-se às regiões calcárias em que ocorre predominância de formas originadas por dissoluções. Segundo Projeto vida – CPRM (1994), a presença de maciços e escarpamentos calcários são abundantes em toda área e esses se apresentam de forma áspera e rugosa, sendo que a maioria das depressões observadas está relacionada às dolinas (FIG. 6a), que possuem formas circular ou oval de diâmetro e profundidade variados e atuam como coletores de água.

No segundo domínio, nas áreas de granito gnaisse indiferenciados, há um predomínio das formas de dissecação fluvial, onde nas regiões de topografia mais acidentada, ocorre o entalhamento dos cursos d'água em diferentes ordens de grandeza. Este processo é responsável por um relevo caracterizado por colinas e vales encaixados. Em particular, a Bacia do Córrego Cabeleira apresenta colinas convexas e policonvexas e algumas áreas aplainadas, paisagem típica desse domínio (FIGURA 6b).

Identificação geomorfológica da paisagem	
Domínio 1 – Grupo Bambuí	Domínio 2 – Embasamento
a) 	b) 
Paisagem de ocorrência do Cambissolo Háplico Tb eutrófico típico em área de dolina.	Paisagem dos “mares de morros”.

Figura 6 - Identificação de paisagens geomorfológicas
Fotos da autora.

Segundo a PLAMBEL (1977), o relevo local é caracterizado por três tipos:

- Topos aguçados com vertentes retilíneas ravinadas e vales encaixados (localizado nas montantes do córrego Cabeleira);
- Topos abaulados com vertentes côncavas e vales côncavos;
- Topos abaulados com vertentes côncavas e vales encaixados.

Os estudos realizados pela CPRM (1994) reclassificam o relevo da área de estudo em cinco tipos (FIGURA 7):

- Colinas de topos aguçados e vertentes predominantemente retilíneas (cg);
- Colinas de topos arredondados com baixas vertentes predominantemente côncavas (cy);
- Colinas de topos aplainados, com restos de depósitos coluviais pouco espessos (ca);
- Planície fluvial e rampas de colúvio não diferenciados (prfc);
- Terraços fluviais; antigas planícies de inundação abandonadas (t1).

Conforme a classificação da CPRM (1994), os relevos dos tipos (cg), (cy) e (ca) constituem formas de dissecação fluvial, ou seja, formas oriundas do entalhamento dos cursos d'água, que constitui a maior área da bacia. As formas de relevo são o resultado do retrabalhamento realizado pelo escoamento superficial em ravinas, promovendo a dissecação das vertentes. Já o relevo do tipo (prfc) e os terraços fluviais são encontrados ao longo do curso do córrego Cabeleira e na sua confluência com Ribeirão Areias.

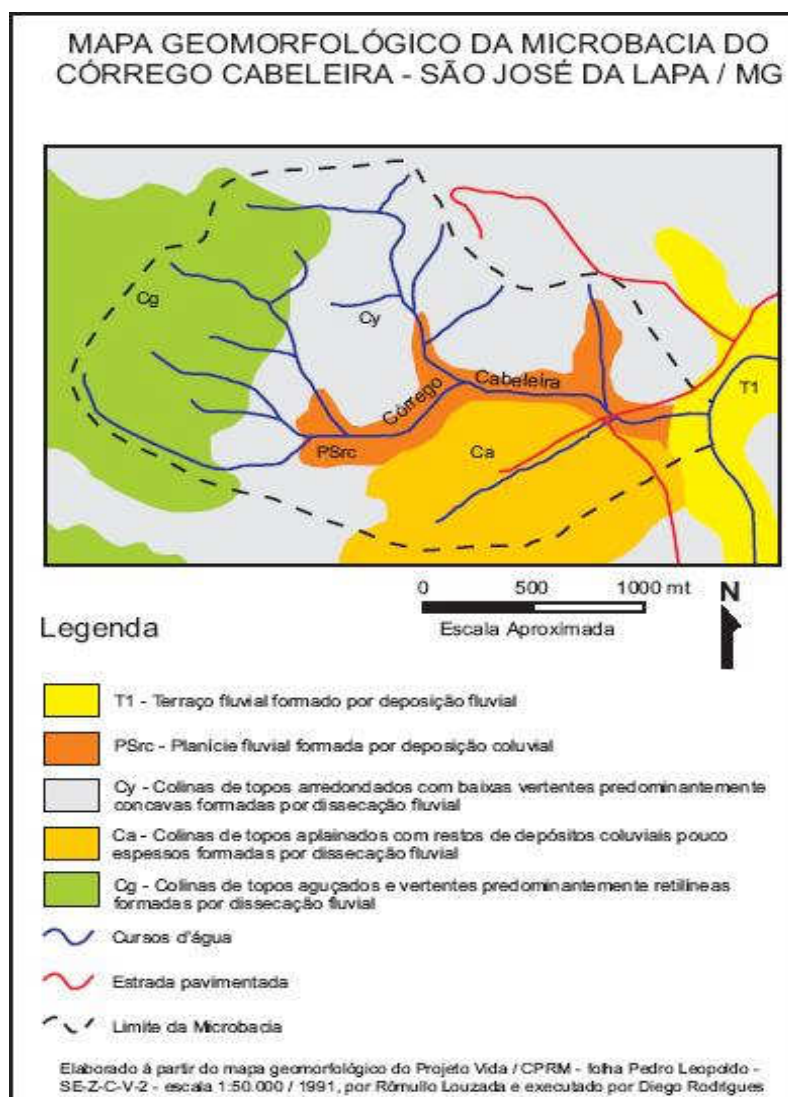


Figura 7 – Mapa Geomorfológico da microbacia do Córrego Cabeleira
Fonte: LOUZADA, 2005.

3.4 HIDROGRAFIA, CLIMA, COBERTURA VEGETAL E USO DO SOLO

A Bacia Córrego Cabeleira compreende uma área aproximada de 3,5 km² de extensão. O Córrego Cabeleira integra uma bacia de primeira ordem, afluente do Ribeirão Areias, que por sua vez, é afluente do Ribeirão da Mata, principal curso fluvial do município de São José da Lapa. Essa rede hidrográfica faz parte da Bacia do Rio das Velhas, a qual pertence à Bacia do Rio São Francisco

Segundo a classificação climática de Koppen *apud* Ayoade (1991), o clima do município de São José da Lapa é do tipo Cwa, com as chuvas concentradas no verão, apresentando períodos com temperaturas superiores a 22°C (IGA, 2000). Segundo dados climatológicos do IGA (2000), o clima do município de São José da Lapa possui um verão quente, nos meses de dezembro a fevereiro, e um inverno ameno, de junho a agosto. O índice pluviométrico anual é de 1491,3 mm. A temperatura média anual é de aproximadamente 21,1° C, com um inverno ameno, com a temperatura média de 16,7° C e um verão quente, com temperatura média de 27,1° C.

O município de São José da Lapa está inserido no domínio morfoclimático dos Cerrados (AB'SABER, 1977), cuja flora se apresenta composta por cerradões, cerrados e campos gerais (ROMARIZ, 1974).

Devido a intervenções antrópicas, principalmente desmatamentos e queimadas, a maioria das áreas de cerrado estão em fase de regeneração e ocorrem como manchas descontínuas, sendo, muitas vezes, substituídas por pastagens e/ou culturas.

Os fatores que mais contribuem para a descaracterização da vegetação original são as minerações de calcário, a extração de argila (indústria cerâmica) e areia (sub-bacias dos ribeirões da Mata e da Areia), bem como a agropecuária. Nas últimas décadas, têm-se observado a expansão da silvicultura e o aumento do parcelamento do solo para implantação de loteamentos e/ou condomínios (CARVALHO, 1995).

Na região de São José da Lapa, o Cerrado encontra-se distribuído de maneira bastante descontínua, dadas as intervenções antrópicas e, na área de estudo, essa formação está localizada próxima à foz do córrego Cabeleira. A distribuição da Mata Ciliar não é condicionada a um tipo litológico e edáfico específico, portanto sua disposição na região está ligada ao curso fluvial. Na área de estudo, ocorre em pequenas manchas ao longo do curso do córrego Cabeleira (LOUZADA, 2005).

Segundo Carvalho (1995), na área em estudo ocorrem os seguintes tipos de vegetação: Cerrado, Campo Cerrado, Campo, Zona de transição mata/cerrado, Mata seca e um tipo especial de mata seca que ocorre sobre afloramentos de calcário, Mata pluvial, Matas ciliares ou de galeria.

A classificação de uso e ocupação do solo, elaborado pela CPRM (1994c), apresenta as seguintes classes:

- a) *Pasto*: é a classe de uso do solo predominante na região. As gramíneas mais usadas são a braquiária, o capim gordura e o jaraguá. Na região predomina a pecuária leiteira;
- b) *Pasto sujo*: ocupa áreas de campo cerrado, cerrado em regeneração e áreas ocupadas pelo pasto semeado com gramíneas que foram invadidas por espécies de campo;
- c) *Área cultivada*: ocupa preferencialmente áreas próximas aos cursos d'água.

Essa diversidade de uso mostra que a região dos mares de morros, apesar das restrições quanto ao uso agrícola, principalmente ao impedimento da mecanização, é a área de maior densidade rural do País, conforme afirma RESENDE et al (2002). Os locais de relevo pouco ondulado e próximos aos cursos d'água são preferencialmente escolhidos para o desenvolvimento do cultivo, em geral de forma intensiva. Mas o que se observa na área dos mares de morros de Minas Gerais é um uso agrícola em áreas em que os fatores naturais não são elencados como prioridade e sim a proximidade aos centros urbanos.

Conforme REZENDE *et al.* (1996):

“os solos dos mares de morros são, na sua maioria, considerados pobres e acidentados. Precisam de grandes doses de adubos pra produzir bem, sempre muito caros em relação ao preço do produto agrícola; não podem ser mecanizados e mesmo assim constituem o principal cinturão no sentido de evitar que a metropolização se torne ainda mais grave” (Rezende et. al. 1996, p. 277)

No entanto, apesar das dificuldades apresentadas, os mares de morros possuem duas grandes qualidades: a disponibilidade de água e a diversidade de ambientes em pequenas distâncias, que podem funcionar com suporte ao desenvolvimento da pequena produção. As principais atividades desenvolvidas na Bacia do Córrego Cabeleira refere-se a agricultura, agropecuária e extração de areia.

No alto curso do córrego a atividade agrícola é a pastagem, no médio curso existem duas olarias, horticultura e pastagem, por fim, no baixo curso, também se tem o uso de pastos para a pecuária, predominantemente do tipo leiteira (FIGURA 8). Ainda no entorno da área de estudo, observa-se tanto no Ribeirão da Areia e da Mata vários pontos de exploração de areia.

Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia do Córrego Cabeleira

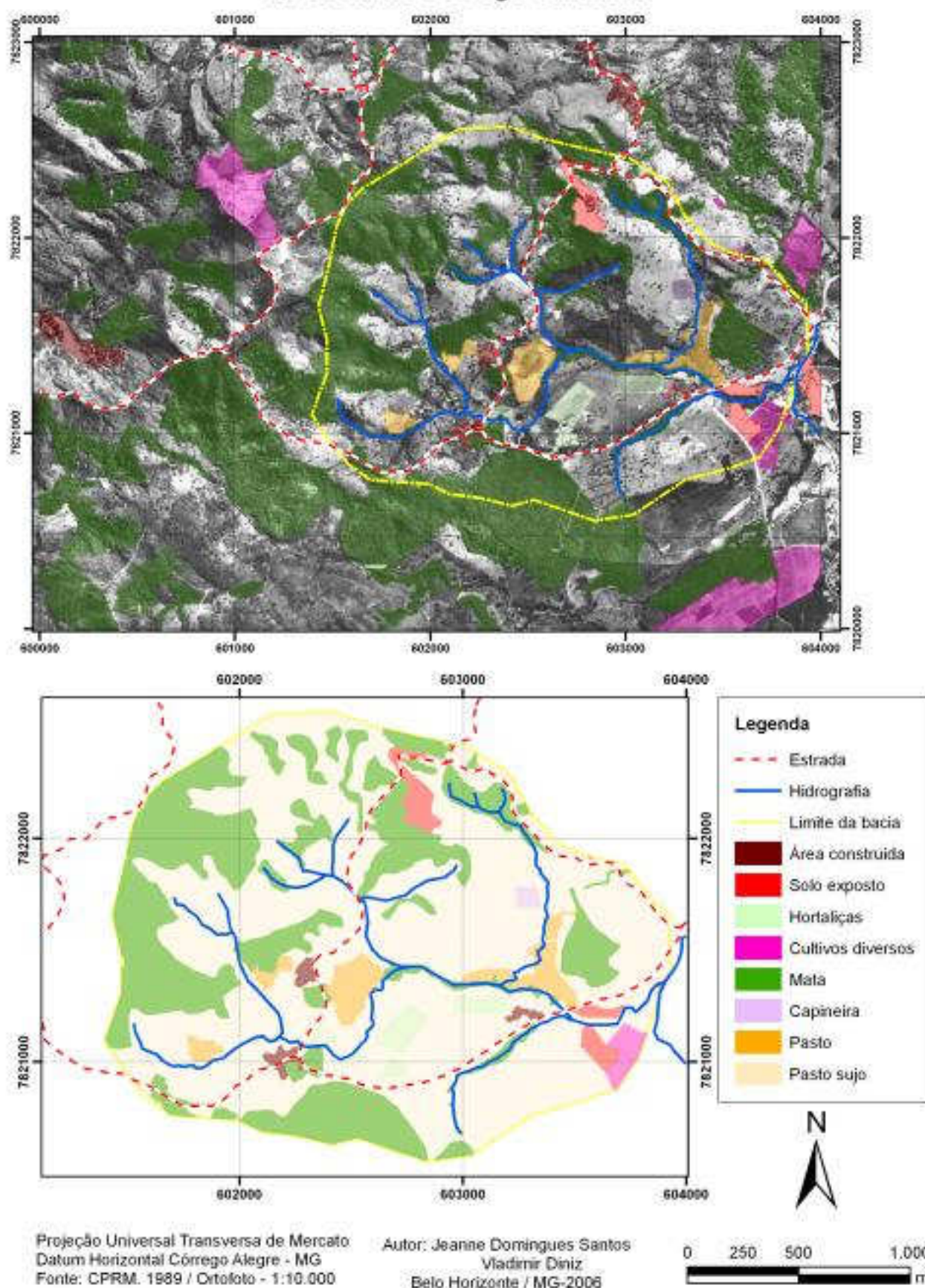


Figura 8 – Mapa de Cobertura vegetal e Uso do Solo da Bacia do Córrego Cabeleira

4 METODOLOGIA

A realização desta pesquisa iniciou-se pelo aprofundamento teórico, com uma revisão bibliográfica sobre solos, o uso e manejo agrícola dos mesmos, no intuito de elaborar uma correlação das mudanças estruturais no solo, a fim de promover um melhor manejo ambiental de uma área agrícola. Posteriormente, realizou-se um levantamento, com consulta a artigos que envolvessem as modificações físico-químicas no solo, a partir do uso e manejo utilizados, estabelecendo assim parâmetros indicadores da qualidade do solo.

A definição da área de estudo foi realizada em função do histórico e da diversidade de usos que compõem a Bacia do Córrego Cabeleira. A primeira etapa do trabalho foi o levantamento do material cartográfico, como mapas topográficos na escala de 1: 25.000 (IGA, 1977) e geológico na escala de 1:50.000 (IGA, 1978); e por fim, ortofoto na escala de 1:10.000 (CPRM,1991). Em seguida, foi elaborada uma específica caracterização físico-ambiental da Bacia do Córrego Cabeleira, baseado nos levantamentos da CPRM (1991).

O reconhecimento da unidade de estudo, se concretizou através do material cartográfico temático (mapas geomorfológico e geológico) elaborado por Louzada (2005). O mapa de declividade foi elaborado com auxílio do Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências - IGC/ UFMG, na escala de 1: 50.000, no *software* Arcgis 9.0, considerando as classes de relevo propostas por SANTOS et al. (2005). Por fim, o mapa de uso e cobertura do solo foi elaborado a partir do georreferenciamento da ortofoto, na escala de 1:10.000 (CPRM - 1991), no *software* Microstation 7.0, delimitando as áreas de uso e cobertura vegetal da bacia, em 1989. A partir disso foi possível realizar uma atualização dos usos na bacia no decorrer da realização dos trabalhos de campo.

Para a avaliação qualitativa das características do solo, foram selecionados seis pontos amostrais. Os pontos amostrados das duas áreas de mata foram considerados como parâmetros na comparação das características do solo, conforme descrito na literatura (ANDREOLA, 1996; ANDREOLA, 2000; SOUZA et al., 2003; ARAÚJO et al. 2004a).

Após o reconhecimento cartográfico, foi realizado o primeiro trabalho de campo (abril/2006) para reconhecimento e levantamento de informações, sendo observados e avaliados os seguintes aspectos: morfologia, tipo de uso e manejo dos sistemas agrícolas, declividades, localização dos grupos geológicos, áreas preferenciais de drenagem e erosão.

Com o levantamento das informações sobre a área, partiu-se para a etapa intermediária da pesquisa, a elaboração de mapas que auxiliaram o segundo trabalho em campo (maio/2006), o qual teve por objetivo averiguar as informações levantadas até o momento e determinar os pontos amostrais de coleta de solo. Esses pontos foram definidos a partir da interpretação das informações de características concordantes entre os mapas de geologia, declividade e do uso e

cobertura do solo. A etapa seguinte compreendeu o levantamento do histórico de uso, a partir de conversa informal com os moradores e trabalhadores, em cada ponto amostral, para averiguar as mudanças do fator tempo na alteração das características do solo. Para cada ponto escolhido, em função do uso, considerou-se outro, sob mata nativa, como parâmetro para a definição das alterações ocorridas. A partir dessa correlação, foi determinado que os pontos amostrais de coleta deveriam considerar os seguintes critérios nos sistemas agrícolas da bacia:

- Uso efetivo do solo a mais de 15 anos, conforme o levantamento da ortofoto;
- Área de ocorrência do embasamento cristalino;
- Possuir declividades similares.

Para cada ponto, foi realizada a coleta duplicada das camadas do solo, a saber: 0cm-10cm, 10cm-20cm, 20cm-30cm, 30cm-40cm, 40cm-50cm e por fim 50cm-60cm, com o intuito de verificar as alterações físico-químicas no horizonte superficial e subsuperficial do solo.

As amostras de solo foram coletadas no trabalho de campo ocorrido em outubro/2006 para a realização das análises laboratoriais, a fim de avaliar os atributos físico-químicos, seguindo os critérios adotados para a pesquisa. A descrição morfológica das trincheiras seguiu a metodologia proposta por Lemos e Santos (2005).

As análises de solo realizadas foram: análise granulométrica, grau de flocculação, argila dispersa em água, diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), estabilidade dos agregados, densidade aparente e real do solo, porosidade, e, por fim, o teor de carbono orgânico (matéria orgânica), no intuito de demonstrar uma avaliação sobre o nível de degradação do solo.

No Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia do Departamento de Geografia, IGC/UFMG, foram realizadas as análises de ADA (argila dispersa em água), granulométrica, porosidade, e o teor de carbono seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). As análises de densidade, DMG, DMP e estabilidade de agregados, foram realizadas no laboratório de Análise Física do solo, da Universidade Federal de Viçosa em dezembro/2006, com orientação do Prof. Hugo A. Ruiz. Os métodos dessas análises físicas do solo estão de acordo com os procedimentos adotadas nesse laboratório (EMBRAPA, 1997).

A realização das análises físicas e químicas das amostras do solo seguiu os procedimentos propostos pela EMBRAPA (1997), conforme a descrição apresentada a seguir:

4.1 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Frações Areia, Silte, Argila: dispersão de 20g de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) com NaOH 0,1mol/L e agitação em alta rotação (12.000 rpm), durante 15 minutos. As frações areia grossa

(diâmetro 0,2-2,0mm) e areia fina (diâmetro 0,5-0,2mm) forma separadas por tamização em peneiras com malhas de 0,250 e 0,053mm de abertura, respectivamente. A fração argila (diâmetro < 0,002mm) foi determinada pelo método da pipeta, e a fração silte (diâmetro 0,002 – 0,5mm) calculada por diferença.

Argila dispersa em água: Dispersão de 20g de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) em água destilada e determinação do teor de argila pelo método da pipeta. O princípio básico desta análise de reporta-se ao fato de que o material em suspensão confere determinada densidade ao líquido. Decorrido o período para a coleta do material, caso não haja partícula coloidal em suspensão, a argila estará floculada 100%.

Grau de floculação: é a relação entre o conteúdo de argila naturalmente dispersa e a argila total obtida após dispersão. Indica a proporção da fração argila que se encontra floculada, informando sobre o grau de estabilidade dos agregados. O cálculo é obtido pela fórmula: $GF = 100(a-b)/a$, sendo a = argila total e b= argila dispersa em água.

Porosidade Total: é calculada para determinar o volume de poros totais ocupado por água ou ar. O cálculo é obtido pela fórmula: $PT = 100 (a-b)/a$, sendo a=densidade real e b=densidade aparente.

Teor de Carbono orgânico: utilizou se o método Walkley-Black para a matéria orgânica foi estimada multiplicando-se o resultado obtido pela constante 1,724.

Densidade do solo: Corresponde à massa de solo seco por unidade de volume, ou seja, o volume do solo ao natural, incluindo os espaços porosos. Utilizou-se um anel de aço (Kopecky) com volume de 50cm³ para proceder a coleta de amostra indeformada do solo. O cálculo é obtido pela fórmula: $DS (g/cm^3) = a/b$, sendo a=peso da amostra seca a 105° e b=volume do anel.

A partir das informações obtidas, a última fase da pesquisa foi a análise e discussão dos resultados, apoiadas nas análises laboratoriais e no referencial teórico sobre o assunto. Conseqüentemente, foram indicados quais os pontos na Bacia do Cabeleira sofreram a maior alteração das características físicas e químicas, considerada indicador da qualidade do solo, podendo ser correlacionada com o quadro agrícola-ambiental da bacia. São apresentadas na organograma abaixo (FIGURA 9), sinteticamente, as etapas desenvolvidas neste trabalho:

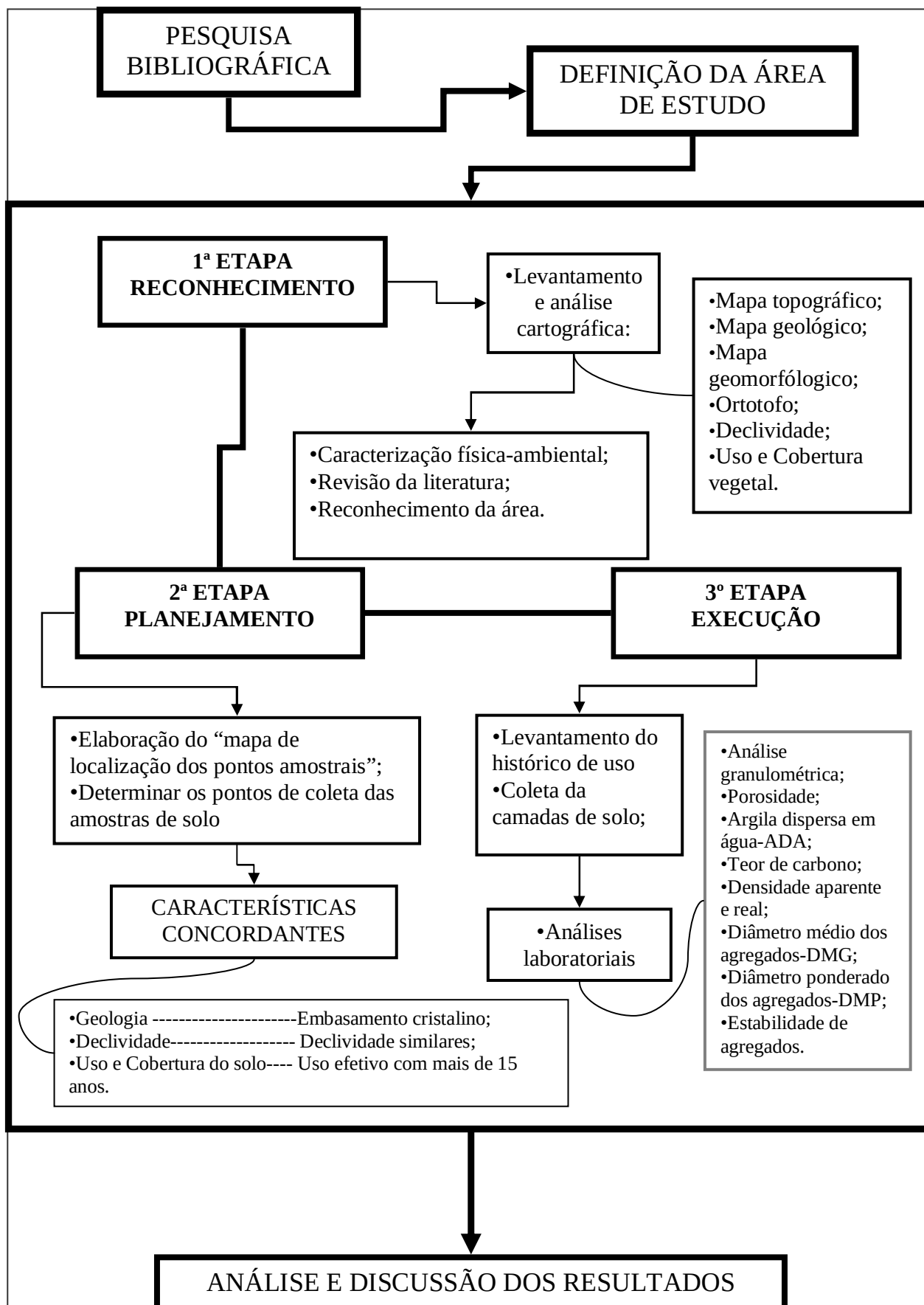


Figura 9 – Organograma de etapas realizadas.

5 RESULTADOS

5.1 CONTEXTO AMBIENTAL – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICAS DOS PONTOS AMOSTRADOS

Historicamente, a área de estudo apresenta como principais atividades a agricultura e pecuária. A partir da interpretação da orotofoto (CPRM, 1991) e após a realização dos trabalhos de campo em 2006, pode-se constatar um aumento significativo de áreas destinadas a loteamentos, principalmente em substituição as áreas sob pastagem. As atividades de horticultura durante os últimos 16 anos mantiveram-se, além de terem surgido outras, em pontos isolados da Bacia do Córrego Cabeleira. A maior mudança constatada foi a substituição de uma área de pastagem pelo cultivo, na baixa vertente do Córrego Cabeleira, localizada no baixo curso. Já as áreas de mata, a princípio, não sofreram forte pressão nem pelo uso urbano e nem pelo uso agrícola. A maior mudança da vegetação ocorreu em relação à mata ciliar, uma vez que as atividades de horticultura e pastoreio são desenvolvidas próximas às margens do Córrego, o que provavelmente resultou na sua redução.

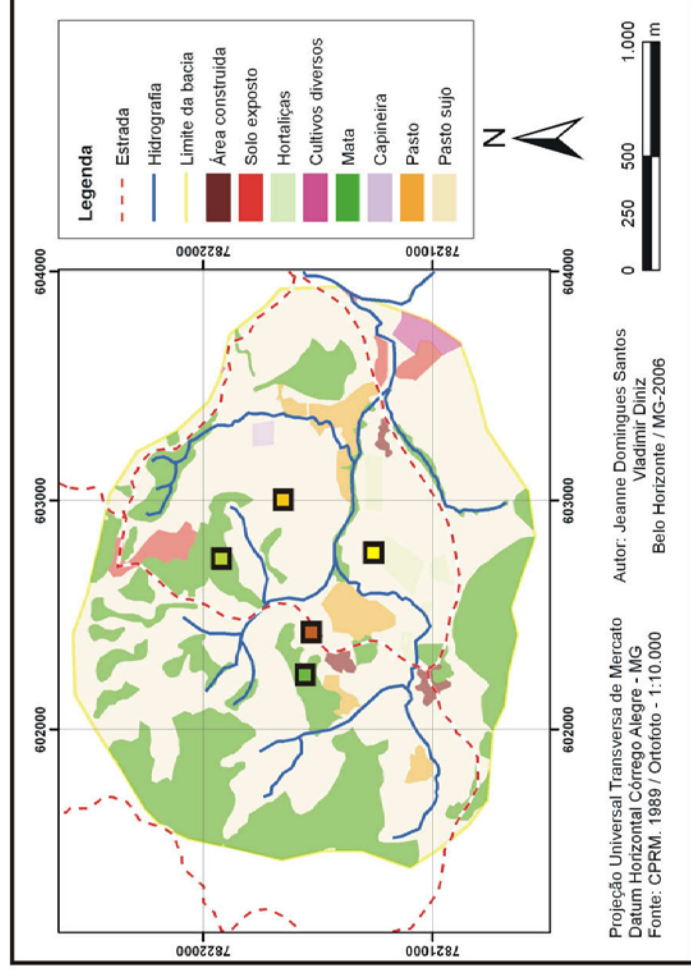
A retirada da cobertura florestal e o uso inadequado do solo são os primeiros passos para o início do processo de degradação do solo. Ao retirar a cobertura vegetal que protege a superfície, o solo fica susceptível, ao início de um processo erosivo, por exemplo. No caso das atividades agrícolas, este solo ainda sofre com as técnicas de manejo empregadas e com a compactação do terreno – tanto pelo uso de máquinas nas áreas de cultivo, quanto pelo pisoteio provocado pelo pastoreio do gado (SILVA, 1995).

Na análise do processo de alteração do solo em função do seu uso, os seis pontos amostrados nesse estudo têm suas principais características ambientais, a descrição do manejo e sua localização apresentadas no Quadro 8 e na Figura 10.

Quadro 8 - Caracterização dos ambientes estudados

USOS DO SOLO	Pontos Amostrais	Sistemas de Preparo	Caracterização dos Pontos amostrais (FIG.10)
	Mata 1 (M1)	Sem intervenção antrópica aparente	A M1 está localizada próximo ao ponto da pastagem (PT). É uma Floresta estacional semidecidual-Cerradão, que se encontra cercada, o que diminui a circulação de pessoas e animais.
	Mata 2 (M2)		A M2 está localizada próximo ao ponto da pastagem abandonada (PTA). É uma mata fechada, mas que, no entanto, encontra-se aberta, facilitando o trânsito de pessoas e animais.
	Horticultura 1 (H1)	- Grade aradora + irrigação do tipo aspersão. - Uso de adubos: orgânico (esterco de galinha) e químico (NPK 12-6-12-nitrogênio, fósforo e potássio). - Manutenção da cobertura vegetal morta, nos últimos 3 anos;	A atividade de hortaliça está localizada na baixa vertente do Córrego Cabeleira. Essa cultura é desenvolvida a mais de 10 anos, utilizando o mesmo tipo de uso e manejo: grade aradora, adubação e plantio em lotes seguindo a declividade do terreno no cultivo de hortaliças. O ponto H1 encontra problemas de produtividade nos últimos 5 anos. A cultura abastece sacolões na área do bairro Venda Nova -BH e o Mercado Central de Belo Horizonte, além de atender a alguns restaurantes próximos à Vila Maravilhas (Bacia do Córrego Cabeleiras) em São José da Lapa.
	Horticultura 2 (H2)	Tipos de cultivos: alface crespo, alface liso, almeirão, couve (no período da seca), mostarda, agrião, cebolinha, salsa, coentro, rabanete, brócolis e espinafre.	
	Pastagem (PT)	Limpeza do pasto	O ponto da pastagem está localizado próximo à horticultura, na vertente oposta. O uso do pasto pôde ser constatado na orotofoto (CPRM), desde 1991, mas conforme levantado em campo, nos últimos 8 anos obteve um maior desenvolvimento.
	Pastagem abandonada (PTA)	Sem qualquer tipo de preparo nos últimos 6 anos.	Esta área encontra-se em desuso. Não há qualquer tipo de manejo ou renovação da pastagem. No entanto sua cobertura fornece uma boa proteção do solo.

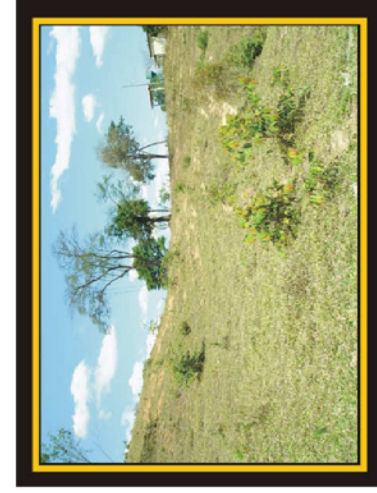
Localização dos pontos amostrais e suas paisagens



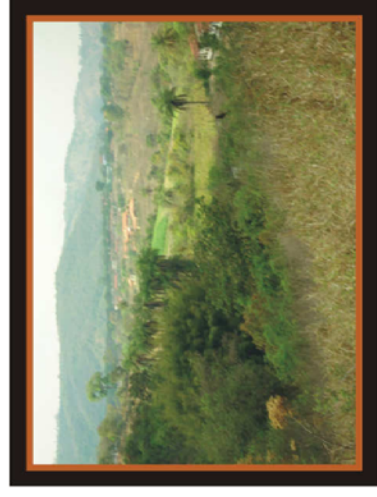
Mata 1 - M1



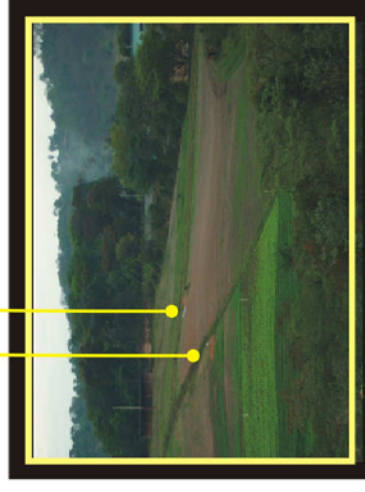
Mata 2 - M2



Pastagem - PT



Pastagem abandonada - PTA



Horticultura 1 e 2 - H1 e H2

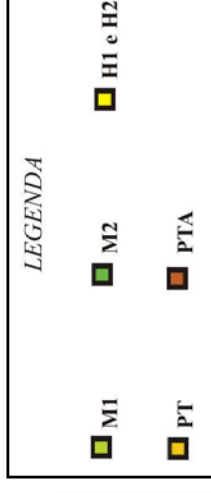


FIGURA 10 – Mapa de localização dos pontos amostrados

A declividade foi considerada com um dos critérios para a determinação dos pontos amostrais. O mapa de declividade (figura 11) foi elaborado seguindo as classes de relevo propostas por SANTOS et al (2005). De uma maneira geral, na Bacia do Córrego Cabeleira, as áreas agrícolas estão concentradas entre as classes de 8% a 20%, sendo que a atividade de pastoreio ocorre em áreas de maior declive. O relevo de 8% a 20%, indica um relevo ondulado, o que associado a presença de Cambissolos e ao uso intenso do solo pode acarretar problemas sérios de degradação do mesmo, com aumento das taxas de erosão e comprometimento da qualidade ambiental.

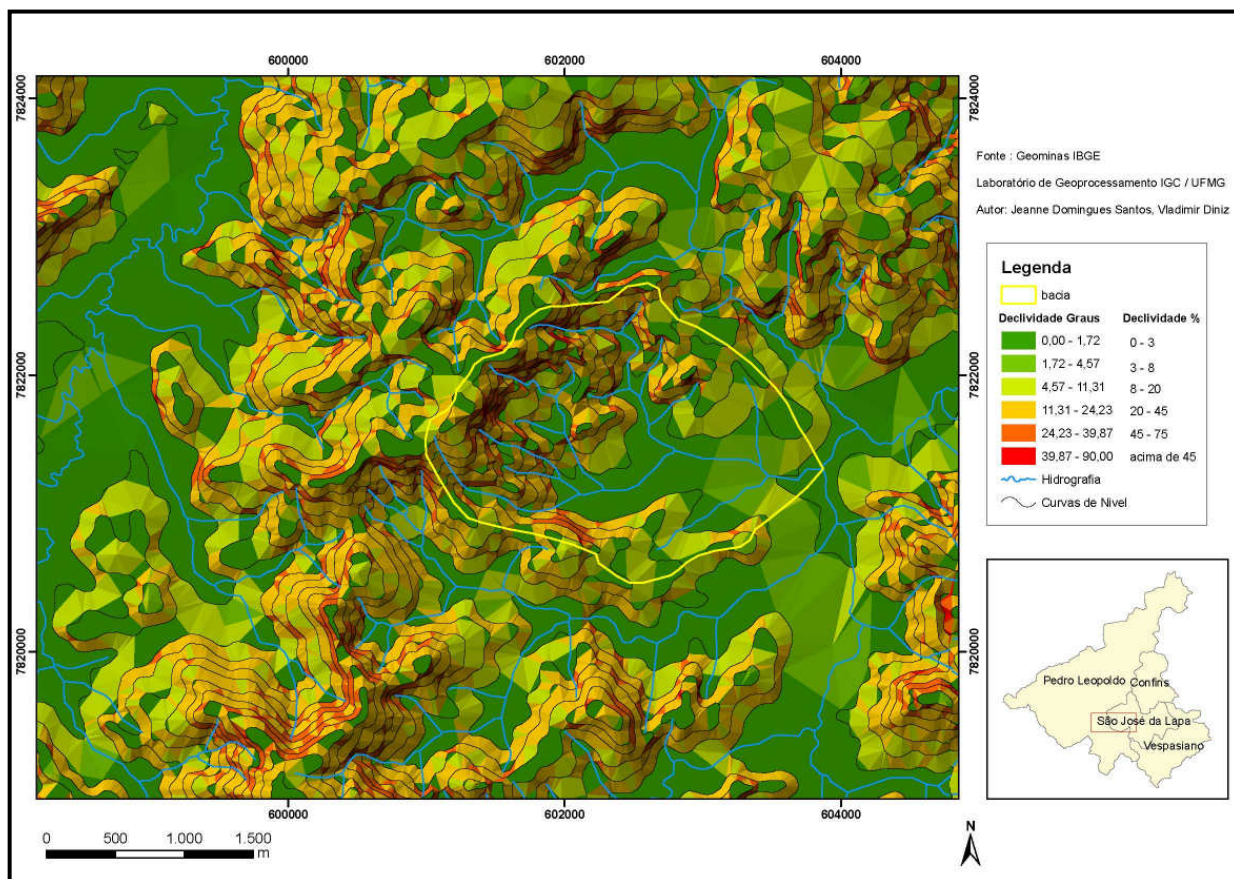


Figura 11-Mapa de declividade

Os Cambissolos são caracterizados por serem solos relativamente profundos, que possuem um horizonte B incipiente imediatamente abaixo do horizonte A (Embrapa, 1999). Segundo OLIVEIRA (1998), esses solos tendem a ocupar áreas mais acidentadas no relevo, apresentando perfis com duas seções distintas. Nos pontos amostrados, a seção superior é composta pelo horizonte A, com aproximadamente 20 cm de profundidade, e a seção inferior pelo horizonte Bi, podendo encontrar um horizonte BC, conforme a declividade e sinuosidade do terreno.

Apesar do Cambissolo ser o solo presente em todos os pontos amostrais, no caso de alterações associadas ao uso, é necessários fazer a descrição morfológica dos perfis, ressaltando os principais aspectos levantados em campo. As fichas de caracterização de cada perfil

apresentam imagens ressaltando os principais aspectos morfológicos dos solos e objetivam apresentar a paisagem da área de ocorrência (Figuras 12 a 17).

Perfil MATA 1 – M1						
Uso atual: Mata						
Localização: Mata ao lado da área de pastagem, do vilarejo de Maravilhas. Entrada à direita antes do trevo de areias, após a Olaria.						
Perfil descrito seco.						
Situação e declive	Vegetação local	Cobertura vegetal atual	Relevo local	Relevo regional	Erosão	Drenagem
8 a 20%	Floresta estacional semidecidual-Cerradão	Mata – Cerradão	Suave ondulado	ondulado	Não parente	Moderadamente drenado
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA						
Horizontes						
A – 0-32	2,5YR 2,5/4 Vermelho muito escuro acinzentado; argilo arenosa; forte pequena blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, não pegajoso; transição clara e ondulada.					
B1 – 32-110	7,5 YR 6/8 Amarelo avermelhado; franca; fraca muito pequena blocos subangulares; macia; solta, ligeiramente plástica; ligeiramente pegajoso.					



Foto 1 – Perfil - M1.



Foto 2 – Paisagem do entorno do ponto amostrado na mata 1 (M1.).

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
Camadas (cm)	
0-10	2,5YR 2,5/2 Vermelho muito escuro acinzentado; argilo arenosa; forte pequena blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, não pegajoso.
10-20	2,5YR 3,4 Vermelho escuro acinzentado; argilo arenosa; forte pequena blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, não pegajoso.
20-30	2,5YR 2,5/4 Vermelho muito escuro acinzentado; argilo arenosa; forte pequena blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, não pegajoso.
30-40	5YR 4/6 Vermelho amarelado; franco argilo arenosa; forte muito pequeno blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
40-50	7,5 YR 4/6 Bruno forte; franca; moderada pequena blocos subangulares; muito macia, solta, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
50-60	7,5 YR 5/8 Bruno forte; franca; fraca muito pequena blocos subangulares; macia, solta, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso..
Observações: Intensa atividade biológica até a profundidade de 40 cm; Raízes finas e comuns presentes em todo o perfil Poros comuns e muito pequenos, no horizonte A Sem poros aparentes no horizonte B.	

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
Camadas (cm)	
0-10	10YR 4/3 Bruno; franca arenosa; moderada médio blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
10-20	10YR 5/4 Bruno-amarelado; franca arenosa; moderada médio blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
20-30	10YR 4/3 Bruno; franca argilo arenosa; moderada pequena blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
30-40	10YR 5/8 Bruno-amarelado; franca argila arenosa; moderada pequena blocos subangulares; macia, muito friável, muito plástica, pegajoso.
40-50	7,5YR 5/8 Bruno-forte; franca argilo siltosa; fraca pequena, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, pegajoso.
50-60	7,5YR 6/8 amarelo avermelhado; argilo siltosa; fraca muito pequena blocos subangulares; macia, muito friável, muito plástica, muito pegajoso.
Observações: Perfil ligeiramente pedregoso Poros comuns e muito pequeno no horizonte A. Poucos poros e muito pequeno no horizonte B	

Perfil MATA 2 – M2 Uso atual Mata em regeneração Localização: Porção N-NW da Bacia do Cabeleira, no Vilarajo Maravilhas. Perfil descrito seco						
Situação e declive	Vegetação local	Cobertura vegetal atual	Relevo local	Relevo regional	Erosão	Drenagem
8 a 20%	Floresta estacional semidecidual-Cerradão	serrapilheira	Suave ondulado	ondulado	Não parente	Bem drenado
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA						
Horizontes						
A – 0-26	10YR 5/4 Bruno-amarelado franca argilo arenosa; moderada pequena blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.					
B1 – 23-120	7,5YR 5/8 Bruno-forte; franca argilo siltosa; moderada pequeno blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástica, pegajoso.					

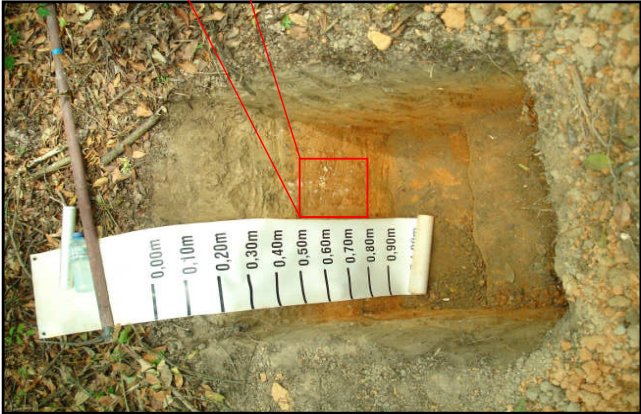


Foto 3– Perfil - M2



Foto 4– Detalhe do perfil da M2. Nota-se a presença de fragmentos da rocha a partir da profundidade de 50 cm.

Figura 13 – Caracterização do perfil M2

Perfil HORTALIÇA 1 – H1 Uso atual Hortaliça, área cultivada. Localização: Hortaliça, no Vilarinho Maravilhas. Estrada a direita da Praça central -Terço médio da vertente. Perfil descrito úmido						
Situação e declive	Vegetação local	Cobertura vegetal atual	Relevo local	Relevo regional	Erosão	Drenagem
8 a 20%	Cerrado de campo	Gramínea	Suave ondulado	ondulado	Ligeira	Moderadamente drenado
DESCRICÃO MORFOLÓGICA						
Horizontes						
A – 0-22	7.5YR6/6 Amarelo-avermelhado argila arenosa, moderada médio prismática; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica; pegajosa transição clara e ondulada.					
B1 – 22-55	5YR 5/8 Vermelho-amarelado franco argiloso; moderada pequeno granular; macia, solta, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada					
B2- 55-100+	2,5 YR 6/8 Vermelho franco argiloso; pequeno fraca granular; solta, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.					



Foto 5 – Perfil - H1

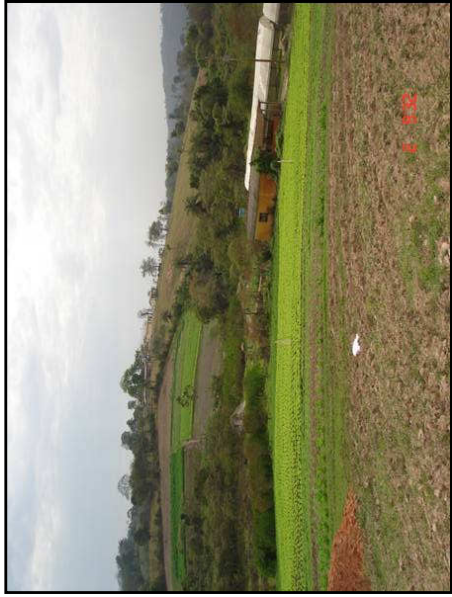


Foto 6- Paisagem do entorno do ponto amostrado na hortaliça (H1). No primeiro plano observa-se o cultivo da hortaliça no período de outubro de 2006. Ao fundo, na porção esquerda, tem-se o desenvolvimento da horticultura em substituição a área de pastagem, conforme constatado na análise da ortofoto (1991). A área de pastagem, à direita, já apresenta sinais de erosão.

DESCRICÃO MORFOLÓGICA	
Camadas (cm)	
0-10	7.5YR 6/6 Amarelo-avermelhado; Argila arenosa; moderada muito pequena granular; solta, muito friável, plástica, ligeiramente pegajosa.
10-20	5YR 5/6 Vermelho-amarelado; Argila arenosa; moderada médio prismática; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente Plástica, pegajosa.
20-30	5YR 6/8 Amarelo-avermelhado; franco argiloso; moderada médio prismática; macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente Pegajosa.
30-40	2,5YR 5/8 Vermelho; franco argilo arenoso; fraca pequena granular; macia, solta, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
40-50	2,5YR6/8; Vermelho; franco argiloso; fraca pequena granular; macia, solta, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.
50-60	2,5YR6/8; Vermelho; franco argiloso; fraca pequena granular; solta, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.
Observações: Pouca atividade biológica em todo perfil; Pouca pedregosidade a partir dos 50cm. Poros comum e muito pequeno até 30cm Poros poucos e pequeno até 60cm.	

Figura 14 - Caracterização do perfil H1

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
Camadas (cm)	
0-10	7,5YR 4/4 Bruno; argiloso; moderada média e grande; prismática; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
10-20	7,5YR 4/3 Bruno; argilo arenoso; moderada pequenos e médios blocos angulares; macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
20-30	5 YR 4/6 Vermelho amarelado; franco arenoso; moderada pequenos e médios, blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
30-40	5 YR 5/8 Vermelho amarelado; argiloso; moderada pequenos blocos subangulares; macia, friável, muito plástica, pegajoso.
40-50	2,5 YR 5/8; Vermelho argiloso arenoso; moderada pequenos blocos subangulares; macia, muito friável, muito plástica, muito pegajoso.
50-60	2,5 YR 6/8 Vermelho; franco argiloso siltoso; moderada médio blocos subangulares; macia, muito friável, muito plástica, pegajoso.
Observações: Atividade biológica presente até 40cm; Raízes pequenas e comuns presentes até 20cm Poros muito, pequenos e médios no horizonte A; Poucos poros e pequenos no horizonte B1; Sem poros aparentes no horizonte B2.	

Perfil HORTALIÇA 2 – H2						
Uso atual Hortaliça, área em preparo para cultivo.						
Localização: Porção N da Bacia do Cabeleira, terço médio superior da vertente.						
Perfil descrito úmido						
Situação e declive	Vegetação local	Cobertura vegetal atual	Relevo local	Relevo regional	Erosão	Drenagem
8 a 20%	Cerrado de campo	Gramínea	Suave ondulado	ondulado	ligeira	bem drenado
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA						
Horizontes						
A – 0-23	Bruno-forte 7,5YR 5/6; argiloso; moderado médio blocos angulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.					
B1 – 23-76	Amarelo-avermelho 5 YR 6/6; franco argilo siltoso; moderado médios blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástica, pegajoso, transição clara e ondulada.					
B2- 76-110	Amarelo-avermelho 5 YR 7/6; franco argilo siltoso; moderada muito pequeno blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.					

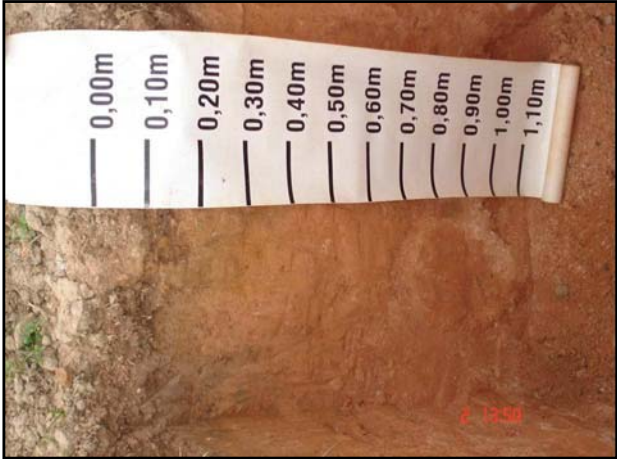


Foto 7 – Perfil - H2



Foto 8 – Paisagem do entorno do ponto amostrado na hortaliça (H2). Terço médio superior da vertente. Observa-se que a porção a esquerda, está sendo preparada para início do próximo cultivo. No primeiro plano da foto, nota-se que a incorporação de restos vegetais no preparo do solo.

Figura 15 – Caracterização do perfil H2

Perfil PASTAGEM – PT						
Uso atual pasto						
Localização: Porção N da Bacia do Cabeleira, Pasto da Fazenda do “Toninho”, no vilarejo Maravilhas. Entrada a direita antes do trevo de areias. A fazenda localiza-se ao lado da olaria. Terço alto da vertente.						
Perfil descrito seco						
Situação e declive	Vegetação local	Cobertura vegetal atual	Relevo local	Relevo regional	Erosão	Drenagem
8 a 20%	Cerrado de campo	braquiaria	ondulado	ondulado	Erosão em sulcos presentes, ocasional, superficial e ligeira	bem drenado
DESCRICÃO MORFOLÓGICA						
Horizontes						
A – 0-26	5 YR 5/6 Vermelho amarelado franco siltoso; moderada médios, blocos subangulares; ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.					
Bi – 26-120	5 YR 5/8 Vermelho amarelado argilo siltoso; moderada médios, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, pegajoso.					

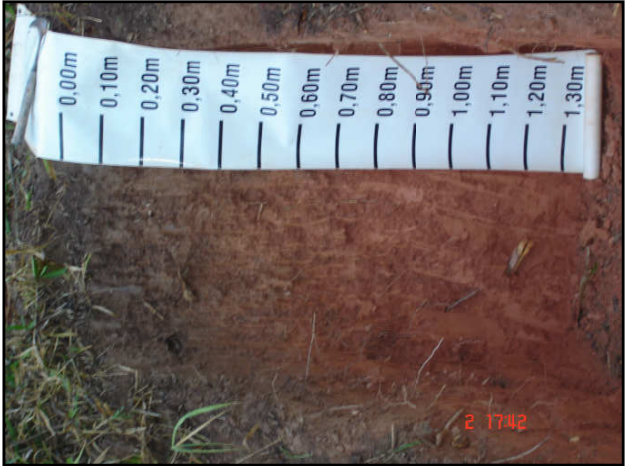


Foto 9 – Perfil - PT.



Foto 10 – Paisagem do entorno do ponto amostrado na pastagem em uso (PT).

DESCRICÃO MORFOLÓGICA	
Camadas (cm)	
0-10	5 YR 4/6 Vermelho amarelado; franco siltoso; maciça pequena e médio, blocos subangulares; dura, muito firme, ligeiramente plástica, pegajoso.
10-20	5 YR 5/6 Vermelho amarelado franco siltoso; moderada médios, blocos subangulares, ligeiramente dura, firme, plástica, ligeiramente pegajoso.
20-30	5 YR 4/6 Vermelho amarelado; franco argiloso; moderada médios blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica, ligeiramente pegajoso.
30-40	7,5 YR 5/6 Bruno forte; argilo siltoso; moderada médios blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, pegajoso.
40-50	5 YR 5/6 Vermelho amarelado; argilo siltoso; moderada médios e pequenos blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, pegajoso.
50-60	5 YR 5/8 Vermelho amarelado argilo siltoso; moderada médios e pequenos blocos subangulares; macia, solta, ligeiramente plástica, pegajoso.
Observações: Raízes presentes em todo o perfil; Raízes muitas e pequenas; com poucos poros muito pequeno, no horizonte A; Raízes comuns e muito pequenas; com poucos poros muito pequeno no horizonte B.	

Figura 16 – Caracterização do perfil PT

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	
Camadas (cm)	
0-10	10YR 5/2 Bruno acinzentado; franca arenosa; forte médio, blocos subangulares dura; firme, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
10-20	10YR 6/3 Bruno-claro-acinzentado; franca arenosa; forte médio e grande blocos subangulares; dura, firme, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
20-30	10YR 5/4 Bruno amarelado; franco argilo arenosa; forte médio blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
30-40	7,5YR 6/8 amarelo avermelhado; argilo arenosa; moderada médio; blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica, pegajoso.
40-50	7,5YR 5/8 Bruno forte; argilo arenosa; moderado médio prismática; macia, muito friável, muito plástica, ligeiramente pegajoso.
50-60	10YR 5/8 Bruno amarelado; argilo arenosa; moderado médio prismática; macia, muito friável, ligeiramente plástica, pegajoso.
Observações: Perfil ligeiramente pedregoso Presença de pedotubo na camada de 20-30cm; Raízes presentes em todo o perfil; Raízes muitas e finas no horizonte A Raízes pequenas e comuns presentes até 60cm Muitos poros médios e grandes no horizonte A Poucos poros e pequena no horizonte B	

Perfil PASTAGEM ABANDONADA – PTA Uso atual pasto sem uso nos últimos 6 anos. Localização: Porção N-NW da Bacia Córrego Cabeleira, no Vilejo Maravilhas. Perfil descrito seco						
Situação e declive	Vegetação local	Cobertura vegetal atual	Relevo local	Relevo regional	Erosão	Drenagem
8 a 20%	Cerrado de campo	Pasto sujo – braquiaria Sem manejo	Suave ondulado	ondulado	Não parente	Moderadamente drenado
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA						
Horizontes						
A – 0-27	10YR 5/4 Bruno amarelado; franco argilo arenosa; forte médio, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.					
B1 – 27-90	7,5YR 5/8 Bruno forte; argilo arenosa; moderado médio, prismática; macia, muito friável, muito plástica, ligeiramente pegajoso.					



Foto 11 – Perfil - PTA

Foto 12 – Paisagem do entorno do ponto amostrado na pastagem abandonada (PTA). No segundo plano da foto, encontra-se a vertente oposta do cultivo da hortaliça. Ao fundo as áreas levantadas como pastagem na ortofoto (1991), atualmente seu uso destina-se aos loteamentos.

Figura 17 – Caracterização do perfil PTA

5.2 Análises químicas e físicas dos solos

Os solos amostrados sob horticultura e pastagem, submetido a diferentes manejos, e os solos sob mata, mostraram-se relativamente similares nas suas características morfológicas. No entanto, as diferenças das suas propriedades físicas e químicas, evidenciaram o quanto o uso antrópico pode promover alterações ao longo das camadas do perfil de solo.

Estudos de CHAER (2001) constataram mudanças ao longo do perfil de solo em função da substituição da vegetação natural pelo uso agrícola. Essa alteração pode reduzir a capacidade do solo de armazenar e suprir nutrientes necessários ao desenvolvimento da própria atividade agrícola.

Ao analisar as características físicas e químicas dos perfis amostrados pode-se constatar alterações nas suas propriedades ao se comparar os solos sob mata (M1, M2), com os solos sob horticultura (H1, H2) e pastagem (PT, PTA). O sistema de uso que mais diferiu dos parâmetros avaliados da mata foi a horticultura. Supõe-se que a técnica de manejo foi a responsável por promover a maior degradação do solo, já mostrando sinais de perda da sua capacidade produtiva.

A exploração contínua do solo agrícola não significa apenas promover a sua manutenção física ou manter a sua produção a um determinado nível, mas sim promover e fortalecer sua capacidade produtiva ao longo do tempo. Essa capacidade produtiva é determinada pela escolha, frequência e combinação de práticas agrícolas que envolvem o preparo do solo, o manejo da fertilidade e a combinação de cultivos, conforme apresentado por Toresan (1998).

Os pontos amostrados na mata (M1, M2) mostraram poucas diferenças entre si, e foram considerados como sistemas de pouca alteração, assim as diferenças observadas demonstraram estar correlacionadas as características individuais de localização na paisagem da mata 1 (M1) e da mata 2 (M2) na Bacia do Córrego Cabeleira, principalmente, no que se refere à declividade.

Também não foram constatadas diferenças significativas entre os perfis da pastagem. Mesmo considerando que na pastagem (PT) ocorreu um uso contínuo nos últimos 8 anos e no solo sob pastagem abandonada (PTA) tenha tido uma interrupção dessa atividade nos últimos 6 anos. Independente do tempo e da intensidade dessa atividade, as modificações analisadas foram em função do uso do solo para pastoreio do gado, o que promoveu alterações em suas características físicas e químicas, ao serem comparados com o solo sob mata (M1, M2).

As pastagens são consideradas boas coberturas do solo (LOMBARDI NETO & BERTONI, 1999), entretanto, em consequência de práticas incorretas de manejo, tais como: pouca ou nenhuma adubação e pastoreio excessivo; pode promover um aumento da densidade do solo, redução da macroporosidade e queda na disponibilidade de forragem.

Já nos pontos amostrados do solo sob horticultura (H1, H2) foi possível constatar que suas características distam em muito das do solo sob mata (M1, M2). As diferenças observadas entre a horticultura 1 (H1) e a horticulutura 2 (H2) foram somente na produtividade agrícola, conforme observado em campo e segundo informações do produtor, sendo que suas características físicas e químicas apresentam valores próximos.

Da mesma forma que os resultados obtidos neste trabalho, Falleiro (2003) mostrou que, as propriedades do solo foram influenciadas pelos sistemas de preparo, nos quais ocorreram mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo, chegando a comprometer sua utilização.

Cada sistema de preparo trabalha o solo de maneira diferenciada e própria, o que resulta em mudanças diversas nas propriedades do mesmo. Assim como em outras atividades agrícolas desenvolvidas no Brasil, a avaliação realizada nos pontos amostrados, não constatou uma preocupação com a manutenção das condições ambientais, em específico : o solo, para a continuidade no desenvolvimento dessa atividade.

5.2.1 Análises químicas

A) Carbono orgânico

Observa-se ter ocorrido uma diferença nos valores médios de carbono orgânico entre os sistemas agrícolas. Os teores de carbono orgânico não apresentaram grandes diferenças entre os pontos amostrados com o mesmo uso do solo: mata (M1, M2), horticultura (H1, H2) e pastagem (PT, PTA) conforme Figura 18. Percebe-se que, a maior diferença está entre os pontos H1, H2 ao serem comparados com os pontos de mata (M1 e M2).

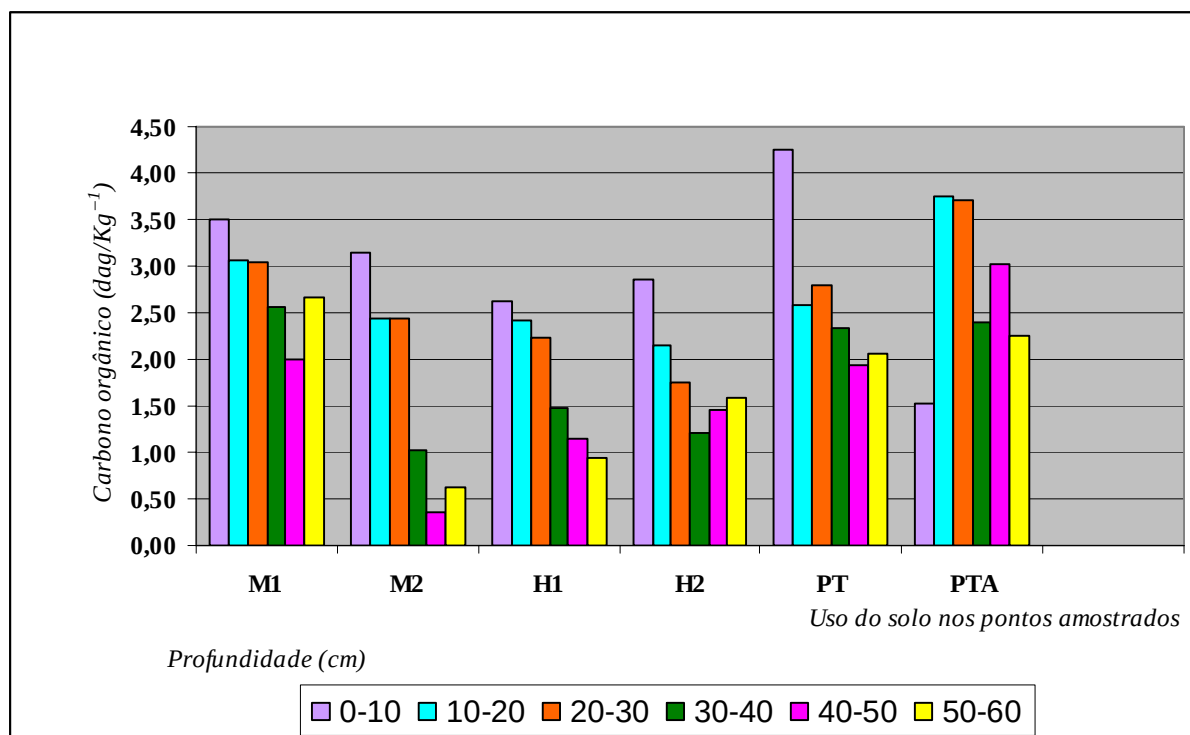


Figura 18 – Distribuição dos valores médios do carbono orgânico nas diferentes profundidades, dos pontos amostrados

Os maiores valores do teor de carbono foram encontrados no solo sob pastagem e sob mata, seguido dos pontos amostrados nos perfis de solo da horticultura. Era esperado que os valores mais altos de carbono orgânico ocorressem no solo sob mata (M1, M2), no entanto, o alto valor também observado, nas áreas com pastagem, deve estar associado ao tipo de raiz das gramíneas (fasciculada), principalmente quando se observa que os maiores valores de carbono orgânico se concentram nos primeiros centímetros do perfil. Já para os menores teores de carbono orgânico encontrado na mata 2 (M2), acredita-se que a declividade favoreça a perda da matéria orgânica por erosão, dificultando sua incorporação no solo.

O carbono orgânico é um referencial da atividade microbiana e da influência da cobertura vegetal na incorporação de produtos ao solo e, normalmente, pode ser relacionado com os parâmetros físicos do solo e sua resistência à erosão. O carbono orgânico é um componente muito sensível às condições ambientais e às práticas de manejo agrícola, e, ao ser quantificado deve ser considerado como potencial indicador para avaliar a manutenção da capacidade produtiva de um solo, para que se possa determinar as práticas de manejo a serem adotadas. O valor mais elevado do carbono orgânico proporciona uma maior estabilidade de agregados, já que a decomposição desse material facilita a ligação entre partículas e promove maior absorção de água, resultando em menor disponibilidade de água para o processo erosivo (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Segundo Louzada (2005), apesar da área da Horticultura não possuir graves problemas de erosão, nos locais onde os canteiros são do tipo morro abaixo (foto 13), existem perdas de solos visíveis, pois os declives mais acentuados facilitam o processo de erosão do solo e de oxidação da matéria orgânica ocasionando um quadro de desgaste físico neste uso agrícola. O ponto amostrado na horticultura 1 (H1), se encontra nessa situação e já apresenta sinais de uma produtividade desigual com mudanças nas propriedades do solo, evidenciando um quadro de degradação física e química.



Foto 13 – Manejo na área de hortaliça - canteiros do tipo morro abaixo.
Fonte da foto: Louzada (2005)

À medida que aumenta a profundidade, nota-se uma diminuição dos valores de carbono orgânico em todos os pontos amostrais, exceto sob pasto abandonado (PTA) e na mata (M1) em função da presença de raízes até a profundidade 40-50 cm e 50-60 cm, respectivamente. Com relação ao pasto em uso (PT), conforme já mencionado, o elevado valor de carbono orgânico na profundidade de 0-10 cm deve-se ao fato de que, as gramíneas tendem a concentrar o sistema radicular nessa profundidade, causando um acúmulo superficial no teor de matéria orgânica.

A partir da profundidade de 30cm até 60 cm, notou-se uma queda significativa dos teores do carbono orgânico no ponto amostrado na mata2 (M2), em função da presença de fragmentos da rocha (foto 4).

O resultado do estudo concorda com Andreola (1996), Reinert (1998) e Silva et al (2000), uma vez que os pontos amostrados na horticultura (H1, H2) e na pastagem (PT), por adotarem um preparo convencional do solo, obtiveram valores intermediários de matéria orgânica ao longo do

perfil. Na profundidade de 0-10cm constatou-se uma diferença significativa dos teores de carbono orgânico entre os pontos amostrais da pastagem (PT, PTA). A ocorrência dos maiores teores de carbono orgânico na pastagem abandonada (PTA), nas profundidades 10cm-20cm, 20cm-30cm, 30cm-40cm e por fim de 40cm-50cm, deve-se ao fato da presença de uma raiz ao longo de todo perfil (foto 14).

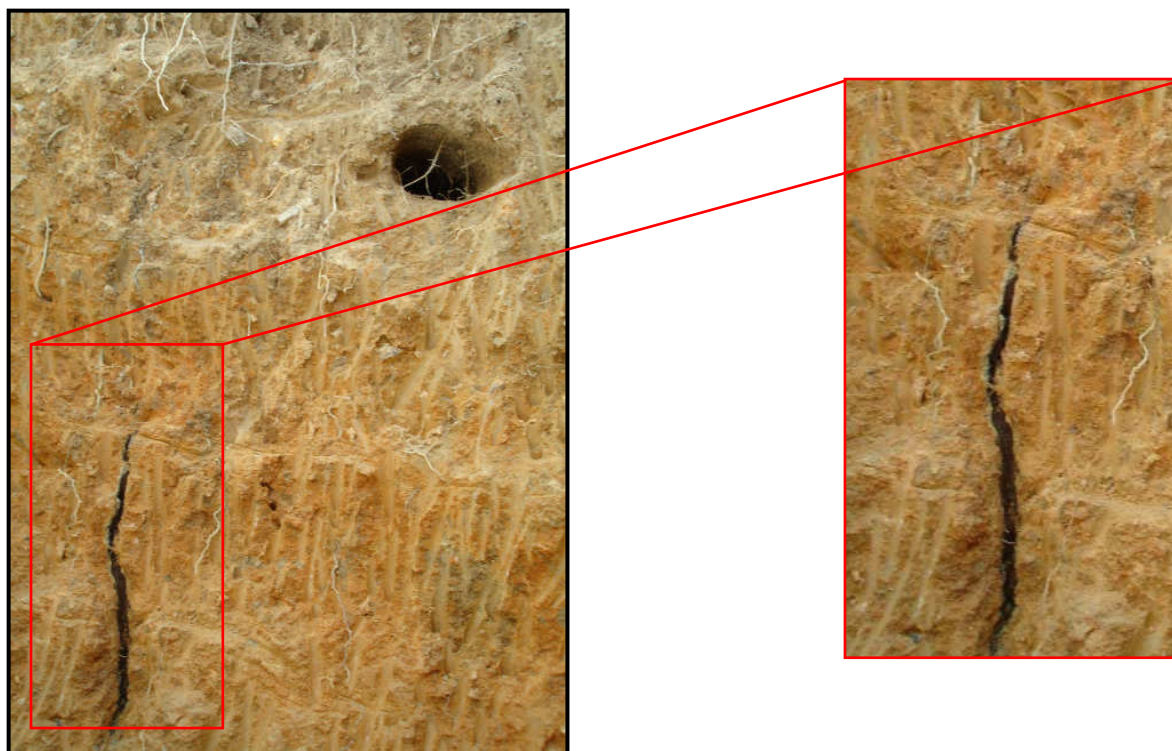


FOTO 14 – Detalhe do perfil PTA - Observa-se a presença de raízes finas em todo perfil e do pedotúbulo na camada de 10cm-20cm. As características deste perfil podem ter influenciado os valores mais altos de carbono orgânico ao serem comparados com os valores determinados na mata (M1, M2).

Os pontos amostrados na horta (H1, H2) apresentam os menores valores de carbono orgânico, provavelmente, em função da utilização de arados e grades, que causam a redução dos níveis de carbono orgânico por perdas por oxidação relacionada com a intensidade de revolvimento do solo (BAYER & MIELNICZUK, 1997). Vale ressaltar, no entanto, que os valores de carbono orgânico estão muito semelhantes aos observados no perfil sob mata (M2), o que pode estar associado com a cobertura de resíduos vegetais da Horticultura, prática que vem ocorrendo ao longo dos últimos 3 anos. Apesar dos valores ainda serem relativamente baixos, é importante notar que técnicas simples de proteção do solo, já demonstram resultados na melhoria das condições do solo.

A desagregação estrutural do solo na horticultura não está favorecendo a incorporação da matéria orgânica ao longo do perfil. Vale ressaltar que, somente nos últimos três anos a cobertura

vegetal morta vêm sendo deixada como proteção ao solo, o que gera uma expectativa do produtor, de uma recuperação imediata da sua produtividade agrícola. Em acordo com **FILHO, (2006)** a prática de manejo de deixar a matéria orgânica livre (MOL) no solo é ainda pouco divulgada entre os agricultores. Mas, pode contribuir na prevenção contra a compactação deste solo, uma vez que favorece a aeração e diminui o efeito do rearranjo das partículas do solo causado pelo tráfego de máquinas agrícolas.

Pavan (1998) afirma que, em estudos realizados no Paraná, conforme o tipo de sistemas de manejo adotado pode-se maximizar a reciclagem dos resíduos vegetais e promover a sua manutenção sob superfície, aumentando a agregação das partículas do solo, promovendo a estabilidade estrutural do mesmo. A matéria orgânica pode ainda contribuir no aumento do armazenamento e permeabilidade da água, assim como influenciar a aeração do solo e favorecer o fornecimento de nutrientes para a planta.

Por outro lado, os sistemas de uso do solo, que aumentam o tempo de exposição do solo, maximizam a erosão, a oxidação da matéria orgânica e a acidificação e minimizam a reciclagem dos resíduos vegetais, o que contribui para a degradação física, química e biológica do solo. Esses fatores podem explicar a perda da produtividade agrícola da horticultura (H1 e H2), comprovado pela diferença na densidade da cobertura vegetal do cultivo sobre o solo (foto 15).



Foto 15 – Paisagem geral dos pontos H1 e H2. No primeiro plano, observa-se o ponto - H1, nota-se a diferença na densidade foliar no cultivo da hortaliça, evidenciando a queda na produtividade agrícola. Ao fundo encontra-se a área de mata, localizada no topo de morro na Bacia do Córrego Cabeleira.

O comportamento dos sistemas de preparo considerados neste trabalho, é condizente com os resultados obtidos por Araújo (2004b), em que se constatou que as características de manejo e morfologia da área de estudo podem influir nos teores de carbono orgânico (CO). Os teores de carbono orgânico nos pontos amostrados da mata, horticultura e pastagem, demonstraram que a escolha de práticas agrícolas convencionais podem influir significativamente nas características do solo, e evidencia a necessidade da adoção de práticas conservacionistas para garantir a continuidade no uso agrícola deste solo .

5.2.2 Análises físicas

A) Análise granulométrica

Na Bacia do Córrego Cabeleira, os Cambissolos ocorrem em áreas de relevo ondulado, sendo que o fator declividade pode ser considerado como diferencial no grau de evolução deste solo. Todos os perfis analisados apresentaram textura bastante homogênea, com teores de argila e silte de aproximadamente 20 dag/Kg , e com fração areia variando ente 40 dag/Kg a 63 dag/Kg, ou seja todos os perfis possuem uma textura argilo-arenosa (Tabela 1).

Tabela 1 - Características morfológicas e físicas dos perfis analisados*

Profundidade	Análise granulométrica			ADA (dag/Kg)	Grau de floculação (%)
	Areia	Silte	Argila		
M1					
0-10	61,75	19,45	18,80	10,38	36,7
10-20	63,05	19,15	17,80	10,52	29,2
20-30	63,00	18,00	19,00	10,36	37,9
30-40	63,88	17,42	18,70	10,32	38,0
40-50.	63,15	17,76	19,10	10,68	29,8
50-60	61,51	18,40	20,10	11,20	20,4
M2					
0-10	57,12	21,99	20,90	10,38	36,7
10-20	57,50	21,00	21,50	10,52	29,2
20-30	59,78	15,93	24,30	10,36	37,9
30-40	49,16	21,75	29,10	10,32	38,0
40-50.	46,48	22,93	30,60	10,68	29,8
50-60	46,12	25,38	28,50	11,20	20,4
continua					

continua

Profundidade	Análise granulométrica			ADA (dag/Kg)	Grau de floculação (%)
	Areia	Silte	Argila		
H1					
0-10	51,27	22,94	25,80	11,34	35,3
10-20	55,19	18,42	26,40	11,70	29,9
20-30	50,79	24,92	24,30	11,84	21,0
30-40	53,31	29,60	17,10	10,74	19,9
40-50	54,94	31,86	13,20	10,08	21,2
50-60	55,58	32,43	12,00	9,88	21,7
H2					
0-10	50,37	24,84	24,80	11,34	32,7
10-20	47,02	27,28	25,70	12,62	10,1
20-30	45,45	27,96	26,60	12,22	20,7
30-40	44,13	33,58	22,30	11,26	26,9
40-50	35,73	48,78	15,50	9,76	43,2
50-60	44,96	38,84	16,20	10,62	19,1
PT					
0-10	43,91	29,29	26,80	10,64	50,7
10-20	46,23	25,38	28,40	11,16	44,4
20-30	45,11	26,50	28,40	11,30	41,9
30-40	42,90	26,81	30,30	11,78	37,6
40-50	40,67	27,73	31,60	12,44	29,7
50-60	40,43	30,27	29,30	12,50	23,2
PTA					
0-10	50,53	30,78	18,70	10,58	31,0
10-20	57,92	23,09	19,00	11,02	20,5
20-30	55,51	22,79	21,70	11,54	18,4
30-40	50,24	23,77	26,00	12,32	16,9
40-50	38,30	36,41	25,30	11,86	23,7
50-60	48,88	28,02	23,10	11,66	20,8

*M1 (mata 1), M2 (mata 2), H1 (horticultura 1), H2 (horticultura), PT (pastagem), PTA (pastagem abandonada).

Os maiores valores de argila dispersa em água (ADA) foram observados nas camadas de 30cm-40cm, para a pastagem abandonada (PTA) e para a mata 2 (M2), e nas camadas de 50cm-60cm para pastagem em uso (PT) e para a mata (M1), apresentando os menores valores de grau de floculação (TABELA 1). Esse quadro pode ser explicado pela maior incorporação da matéria orgânica para os perfis da pastagem abandonada (PTA), mata 2 (M2) e pastagem (PT).

Ainda no que se refere a argila dispersa em água (ADA) e ao grau de floculação (GF), apesar dos valores não apresentarem diferenças significativas, observa-se uma tendência do

aumento da ADA e diminuição do GF nas áreas com horticultura e pastagem em comparação com as áreas sob mata (M1, M2).

Os valores da ADA tendem, nos perfis sob mata e sob pastagem, a aumentarem em profundidade, o que provavelmente, está associado à diminuição dos teores de carbono orgânico. Nas áreas sob hortaliça observou-se um comportamento inverso, o que está associado ao maior revolvimento do solo, que possibilita o aumento da dispersão da argila em acordo com LEVY *et al.*, 1993, citado por Prado (2001). Apesar do produtor agrícola da horticultura adotar um revezamento no plantio pelo sistema de lotes, nota-se que o uso contínuo e intensivo nessa área compromete, até mesmo, sua continuidade e viabilidade econômica, conforme relato do mesmo.

Os sistemas agrícolas podem influenciar as propriedades físicas do solo e proporcionar um aumento nos valores de ADA ao serem comparados com solos com mínima mobilização, nesse caso os solos considerados sob mata. O estudo concorda com Palmeira *et al.* (1999) e Silva (2000), uma vez que os sistemas que mais sofreram alteração da estrutura do solo foram os pontos da horticultura (H1 e H2), por serem os sistemas de uso intensivo e que adotam técnicas convencionais de manejo.

Conforme apresentado por Prado (2001), o fenômeno da dispersão-floculação é influenciado pela distribuição da matéria orgânica, que funciona como um agente cimentante em solos desestruturados e influencia as características físicas e químicas do solo (OADES, 1988), podendo alterar o desenvolvimento da estrutura e do balanço das cargas elétricas do mesmo (GOMES *et al.*, 2004). Assim, apesar dos valores de matéria orgânica dos pontos da horticultura (H1, H2) serem próximos dos valores encontrados na mata, acredita-se que as características físicas e químicas do solo, associadas às práticas adotadas, não estão contribuindo para sua incorporação.

A morfologia do solo e suas propriedades físicas sofreram modificações até a profundidade de 30-40 cm. Os horizontes mais superficiais, diretamente expostos aos agentes climáticos e as técnicas de cultivo, tiveram a morfologia estrutural mais transformada em função das práticas convencionais adotadas, em acordo com Cogo e Levien (2002).

Essa transformação da morfologia, associada à textura dos solos, aumenta o potencial erosivo já elevado do solo da área de estudo, pois as práticas de manejo adotadas aumentam a possibilidade de compactação do solo, o que pode ser comprovado pelos dados de densidade.

B) Densidade do solo (DS)

Notou-se um relativo aumento nos valores da DS ao comparar o uso com horticultura com o uso com pastagem e a área com a mata, sendo que os valores de densidade do solo se

mantiveram homogêneos ao serem comparados com a mata, nos primeiros 40 cm do solo, exceto o ponto da H1 (Figura 19). Conforme Jorge (1985), citado por Belotti (2005), a densidade do solo é variável e depende da estrutura e da compactação do solo. Assim, solos com baixa densidade correspondem a solos porosos que facilitam a infiltração de água, já solos com elevadas densidades são menos estruturados e compactos, sendo menos permeáveis resultando em uma menor infiltração de água, portanto, ficando mais susceptíveis à erosão.

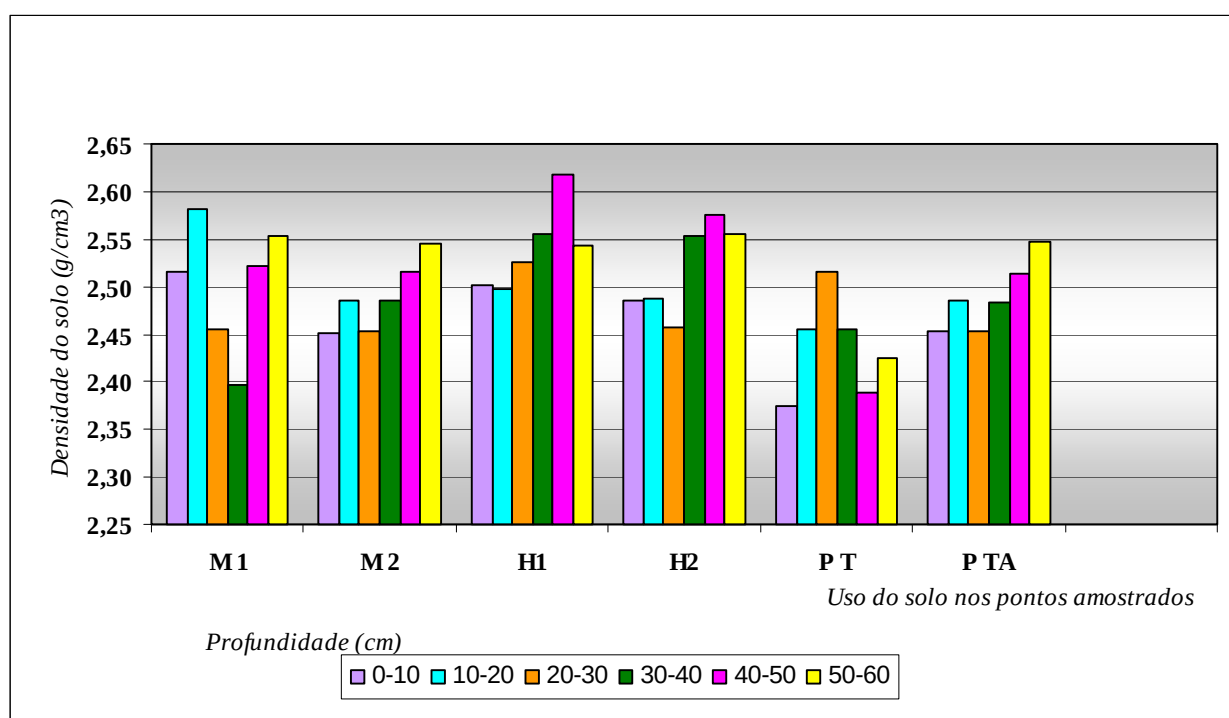


Figura 19 – Distribuição dos valores de densidade nas diferentes profundidades dos pontos amostrados

Ao se observar os dados da figura 19, percebe-se que, para este estudo a DS não se mostrou um bom parâmetro na avaliação da qualidade do solo, principalmente, no que se refere ao uso com pastagem.

Em acordo com Schneider (1978), suspeita-se que o pisoteio constante de animais pode causar a compactação, pela modificação da estrutura do solo, o que diminui sua porosidade, prejudica o enraizamento de árvores e a infiltração de água, aumentando o deflúvio superficial, com conseqüente erosão.

Nos pontos amostrados da pastagem ocorreu acréscimo da densidade apenas nas profundidades de 20cm-30cm na pastagem em uso (PT) e na de 10cm-20cm na pastagem abandonada (PTA) na profundidade. Esse fato não pode ser considerado um indício de compactação, pois ainda não se configura na área um quadro de degradação da pastagem que inviabilize a continuidade dessa atividade. A explicação mais lógica para esse fato reside na

ausência do pastoreio excessivo ou de uma alta taxa de lotação na área, associadas aos benefícios que as raízes das gramíneas trazem ao solo, conforme descrito anteriormente.

No cultivo da horticultura (H1, H2) percebe-se que há um aumento da DS a partir de 30 cm de profundidade, sendo os maiores na camada de 40cm-50cm de profundidade. Acredita-se que o quadro verificado na horticultura (H1, H2) é justificado pelas práticas de manejo adotadas, já que as máquinas agrícolas tendem a revolver o solo até no máximo 25 cm, causando a compactação a partir dessa profundidade.

Conforme Jorge et al., (1991), a compactação do solo é agravada pela constante movimentação de máquinas agrícolas sobre a sua superfície, durante as fases de aração, gradagem, plantio, pulverização e colheita. No caso abordado no estudo as práticas estão concentradas nas três primeiras fases, mas não deixam de ser prejudiciais ao solo, conforme os resultados de DS obtidos. Assim, em acordo com FILHO (2006) a compactação severa do solo condena a horticultura a baixas produtividades, o que já está ocorrendo na região estudada.

Vale ressaltar que a declividade acentuada do terreno, conforme MORAES (1995), e os valores conhecidos da DS, no caso da horticultura, podem auxiliar na definição das práticas de manejo, a serem adotadas, no intuito de provocar uma menor alteração do ambiente solo. Esse conhecimento pode ser utilizado a fim de favorecer o crescimento de raízes, a retenção de água, as trocas gasosas e a vida microbiana na garantia da produtividade e qualidade deste solo.

Ao comparar os valores de DS dos pontos amostrados na horticultura (H1, H2) com o solo sob mata 1 (M1), observou-se que as áreas sob cultivo apresentaram os maiores valores de Ds, exceto nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm para o primeiro ponto e na profundidade de 30-40 cm para o segundo ponto, respectivamente. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Araújo et al. (2004a), Araújo et al. (2004b) e Anjos (1994) em que a Ds foi maior nas áreas de cultivo em comparação com a área sob mata.

O aumento da Ds na área cultivada, nas profundidades relatadas, pode ser explicada pela redução da matéria orgânica em comparação com o solo sob mata nativa. Os teores de matéria orgânica, na profundidade de 0-10cm, foram de 6,06 dag/Kg⁻¹ no solo sob mata (M1) , e 4,51 dag/Kg⁻¹ e 4,94 dag/Kg⁻¹; nos perfis H1 e H2, respectivamente.

A alteração da Ds mostra que a estrutura de um solo é alterada em função do seu uso inadequado; tanto sob o aspecto físico (mecanização, pastoreio) quanto sob o ponto de vista químico (adubação desbalanceada). Sob o ponto de vista agrícola a estrutura influencia a distribuição de porosidade e conseqüentemente demonstra a velocidade de percolação da água e decomposição da matéria orgânica e por fim a troca gasosa com a atmosfera.

C) Porosidade

Os resultados de ADA e Ds mostram estar havendo uma alteração na estrutura dos solos, levando à sua compactação e consequentemente, causando uma diminuição de sua porosidade. O estudo constatou que os sistemas de uso do solo modificaram a porosidade dos mesmos (Figura 20). No geral, ocorreu a diminuição do tamanho dos poros ao longo das profundidades, o que pode proporcionar o aumento no risco de erosão, uma vez que a velocidade de infiltração, na camada subsuperficial, diminui, provocando o encharcamento e a desagregação da camada superficial, com posterior transporte e deposição de sedimentos. O solo sob cultivo aumentou os valores de densidade do solo e diminuiu os valores de porosidade total ao serem comparados com a mata.

A porosidade total pode ser um bom parâmetro para indicar alterações no solo causadas pelo uso, pois a porosidade de um solo pode refletir sua qualidade uma vez que a mesma tem implicação direta na velocidade de infiltração da água, trocas gasosas, vida microbiana e crescimento das raízes finas; e, ocorre principalmente em função da excessiva mecanização, uso de máquinas com solo muito úmido ou muito seco e desbalanço das adubações (ARAÚJO, 2004b).

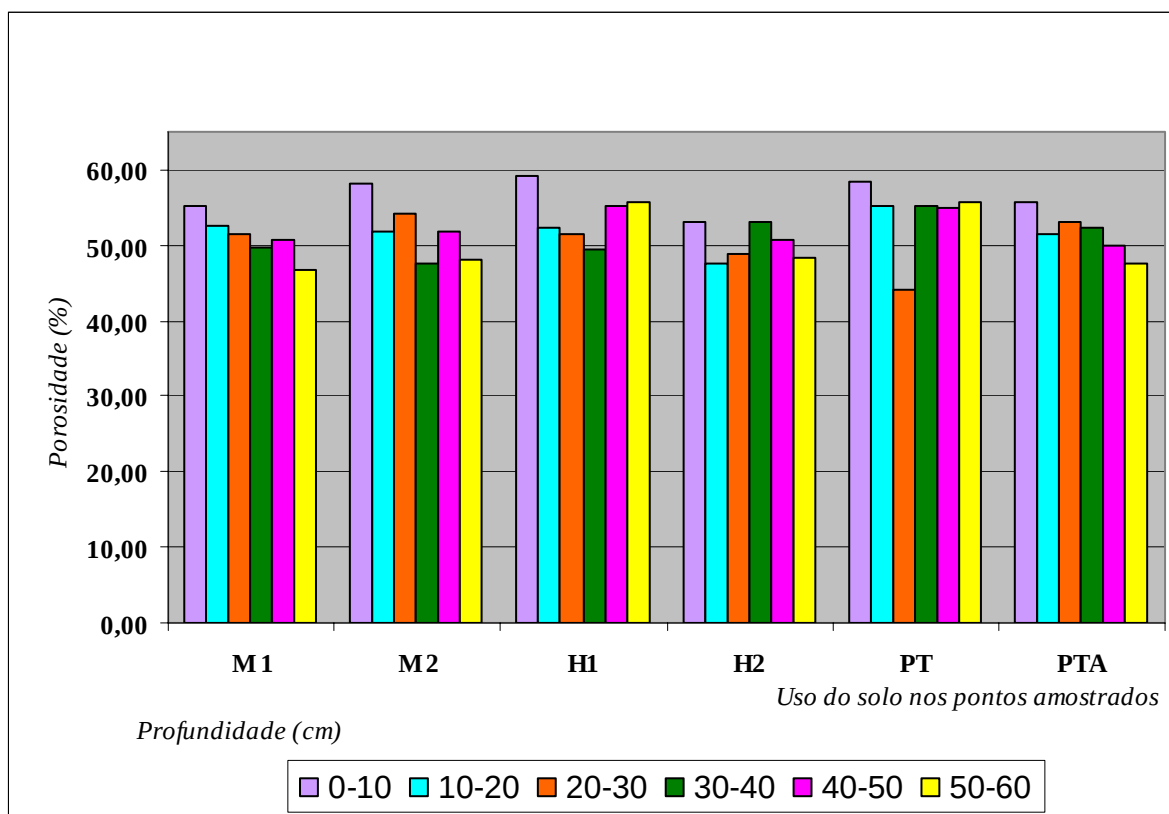


Figura 20 – Distribuição dos valores de porosidade nas diferentes profundidades dos pontos amostrados

Ocorreu uma pequena redução dos valores de porosidade da horticultura (H1, H2) em comparação com os valores encontrados na mata (M2), com exceção das profundidades 0-10cm na horticultura 1 (H1). Essa redução é decorrente do aumento significativo da compactação do solo, que é evidenciada pelo aumento da densidade do solo, em acordo com Araújo (2004b).

Os maiores valores de porosidade no solo sob horticultura (H1) foram constatados nos primeiros 30 cm, o que já era esperado já que a aração do solo, causa, num primeiro momento aumento de rugosidade e porosidade (Schick et al., 2000). Abaixo da camada revolvida pelo preparo, no entanto, é perceptível uma diminuição da porosidade. Isso ocorre em função do processo de compactação do solo, o que já foi observado quando se avaliou os resultados da Ds..

Nos pontos amostrados da horta (H1, H2), fica clara a relação entre os valores de porosidade e de matéria orgânica, pois os mesmos apresentam diminuição com o aumento da profundidade, o que ressalta o importante papel da matéria orgânica na manutenção da qualidade do solo.

Nos pontos amostrados da pastagem (PT, PTA), os dados de densidade do solo e porosidade confirmam os dados encontrados por MORAES (1995). Nas profundidades 20cm-30 cm e 30cm-40cm, dos solos sob pastagem, ocorreu um decréscimo dos valores de porosidade com um conseqüente acréscimo na densidade do solo nas mesmas profundidades. Tal fato mostrou que esses dados são eficientes na avaliação de uma compactação do solo ou de um processo de compactação.

Observou-se que o pisoteio promovido pelo pastoreio do gado interferiu negativamente nos atributos físicos do solo, sem, no entanto, comprometer a atividade, possivelmente, em função do acréscimo da matéria orgânica e do sistema radicular de gramíneas, o que possibilita uma melhora na estrutura física do solo

D) Estabilidade de agregados

Ao analisar a estabilidade dos agregados através do peneiramento em água, foi possível observar a facilidade com que a massa de agregados se desfaz, uma vez que essa análise nos informa sobre o potencial de erodibilidade do solo. No Brasil, os estudos de avaliação de atributos indicadores da qualidade do solo na região sul (SILVA *et al.*, 2000) e na região do cerrado (BEUTLER *et al.*, 2001) têm envolvido a quantificação de índices de estabilidade de agregados e da distribuição de agregados por classe de tamanho, estabelecendo relações com atributos químicos e físicos em vários sistemas de uso e situações de cobertura do solo.

No geral, ao contrapor as análises dos pontos amostrados na mata (M1, M2) com a horticultura (H1, H2) e a pastagem (PT, PTA), notou-se que há redução da estabilidade de agregados do solo, quando o mesmo é utilizado.

A horticultura (H1, H2) foi o sistema de uso de que apresentou a diferença mais significativa nas frações dos agregados, sendo que a estabilidade dos agregados dos solos sob pastagem (PT, PTA) não diferiu significativamente do solo sobre mata, possivelmente, em função do tipo de raiz da gramínea, que é bastante eficiente na manutenção dos agregados do solo.

Não houve diferença significativa nos valores de estabilidade de agregados quando se comparou pontos com mesma cobertura vegetal e uso, sendo assim optou-se por apresentar um conjunto de gráficos sobre a distribuição da estabilidade dos agregados estáveis em água, em cada uso considerado pelo estudo: mata, horticultura e pastagem (Figuras 21, 22 e 23).

Nos solos amostrados na mata, observou-se que 80% dos agregados estão concentrados nas frações de 4-2mm e 2-1mm, exceto na profundidade de 50cm-60cm, cujo concentração desta fração, ficou próximo a 60%. Mesmo apresentando porcentagens diferentes, os valores obtidos sobre a estabilidade de agregados demonstram que solo sob mata favorece a sua estabilidade estrutural. Em acordo com Belotti (2005), os altos valores da estabilidade de agregados das frações maiores, nas áreas de mata, são resultados da decomposição da matéria orgânica e da atuação de microorganismos, que sintetizam a matéria orgânica solúvel em água ao redor das partículas de solo, o que resulta em agregados estáveis.

Nos pontos amostrais da mata (M1, M2) e da pastagem (PT, PTA) verificou-se que a concentração de agregados na faixa de diâmetros maior que 1,00mm está em torno dos 80%. Já nos pontos amostrados da horticultura (H1, H2) observou que cerca de 70% dos agregados estão concentrados em frações de agregados inferiores a 1,00mm. Acredita-se que essa concentração nas áreas de cultivo da hortaliça, ocorra em função do grande revolvimento do solo e das práticas agrícolas adotadas, proporcionando uma menor estabilidade dos agregados, ao contrário dos outros pontos estudados. Esse quadro demonstra que o uso contínuo dos solos proporcionou um meio propício à formação de agregados inferiores a 1,00 mm, influenciado diretamente pelas práticas agrícolas adotadas. Esse resultado está de acordo com Soares (2005), que constatou que áreas cultivadas por um longo período de exploração agrícola, em um sistema tradicional de manejo do solo resulta em uma diminuição considerável de agregados do solo, o que aumenta, consideravelmente, o risco de erosão.

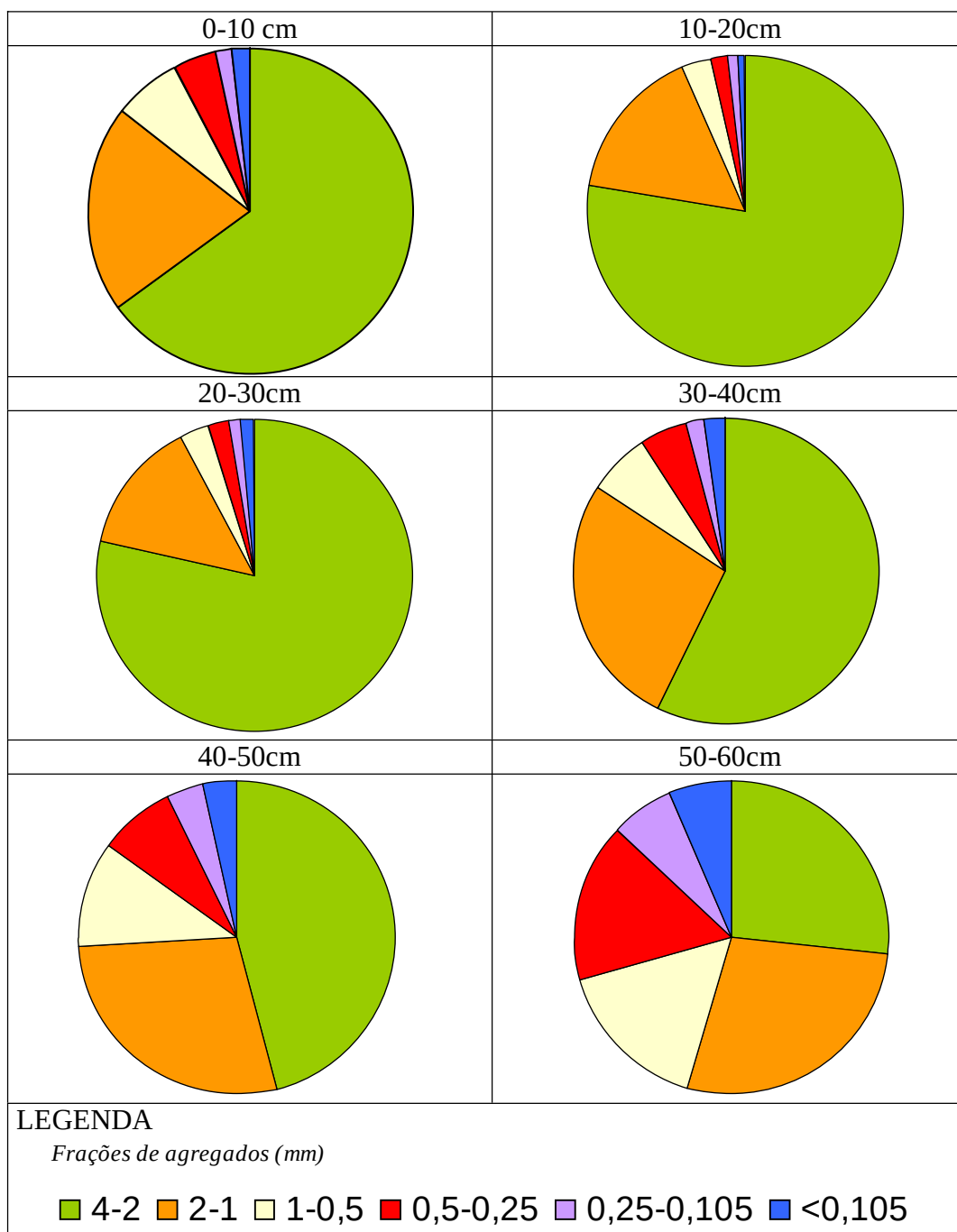


Figura 21 - Distribuição dos valores da estabilidade de agregados no ponto amostrado da MATA 1(M1).

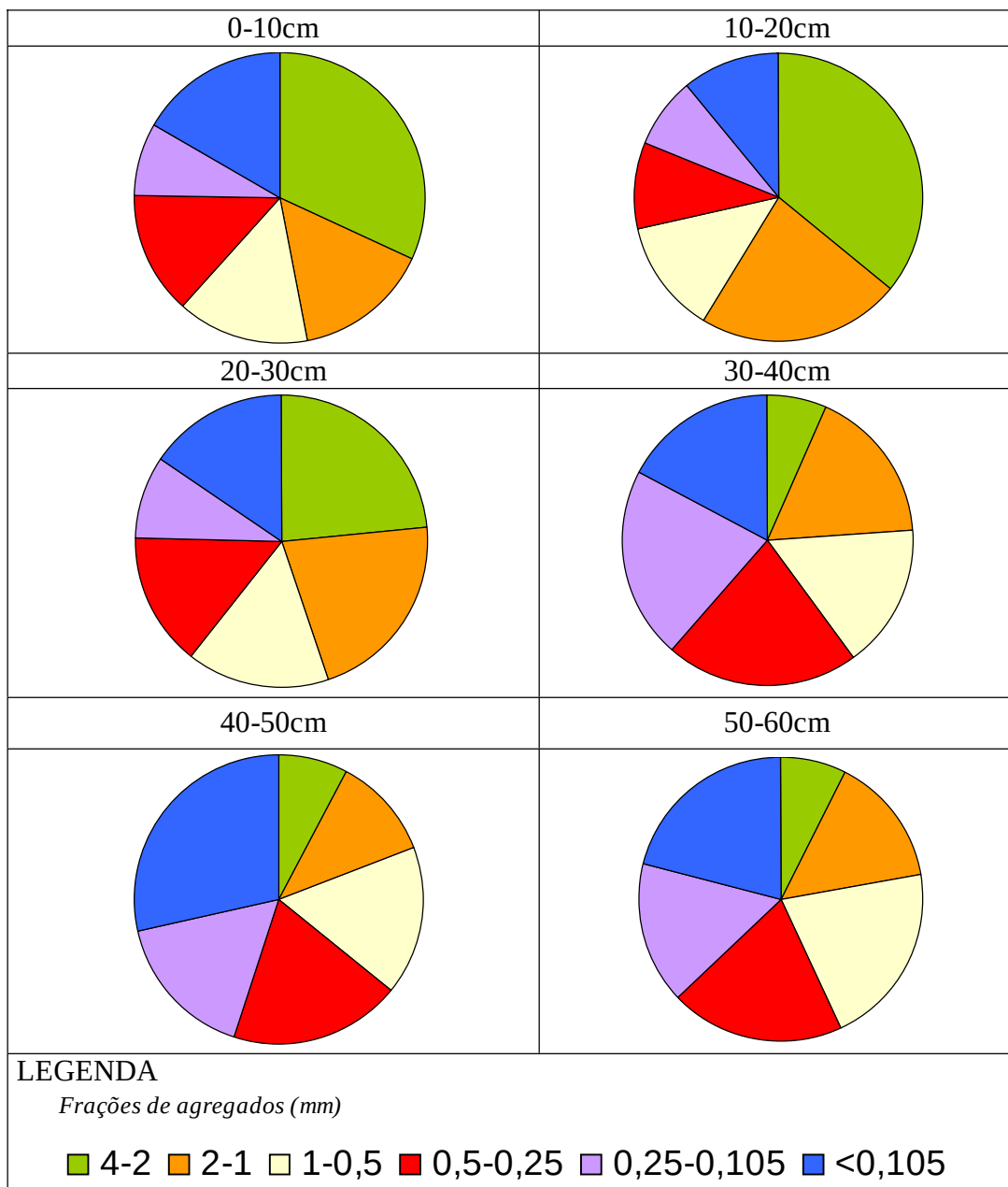


Figura 22 – Distribuição dos valores da estabilidade de agregados no ponto amostrado da HORTICULTURA 2 (H2).

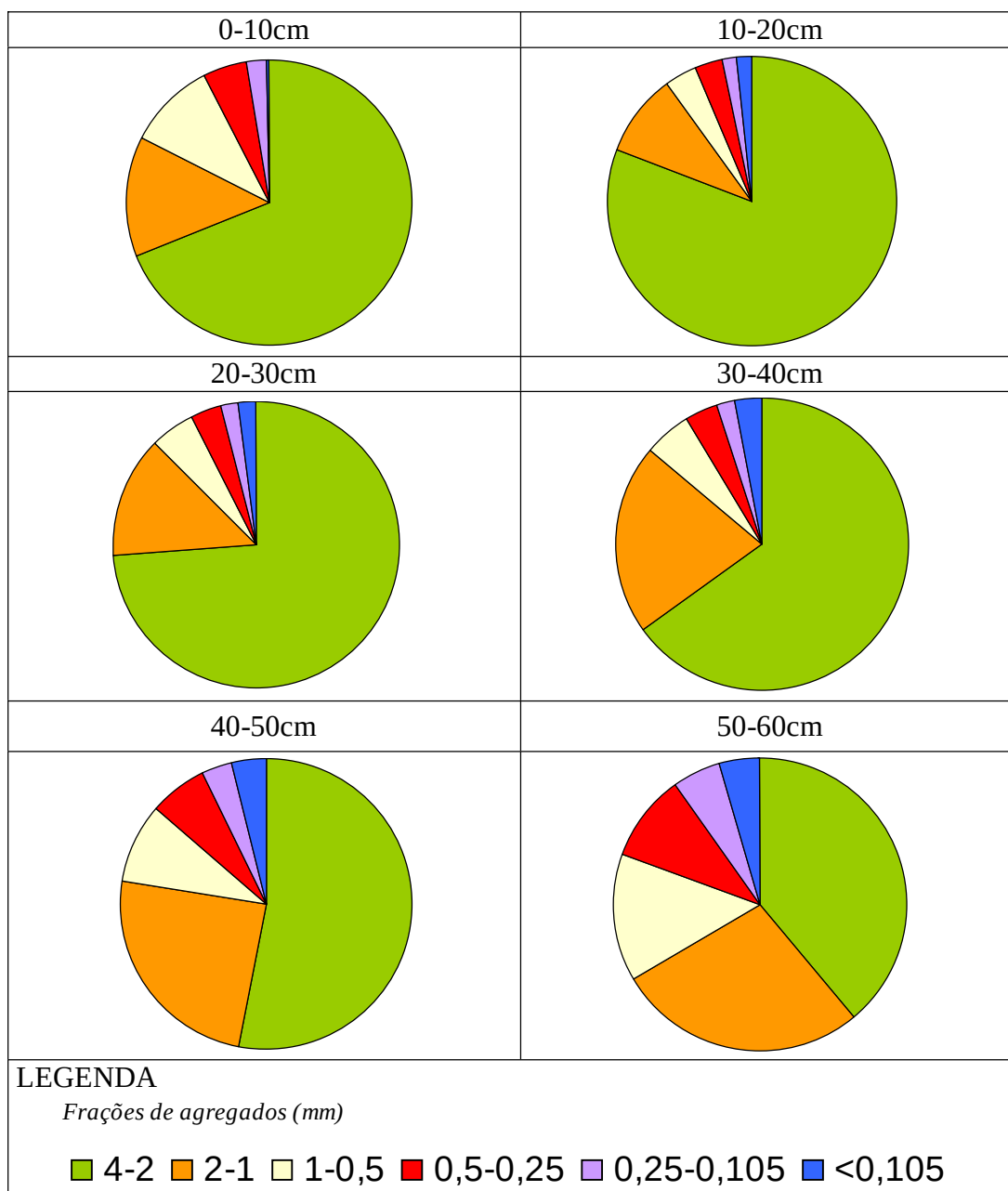


Figura 23 – Distribuição dos valores da estabilidade de agregados no ponto amostrado da PASTAGEM em uso (PT).

Os valores da estabilidade dos agregados estão em acordo com o estudo realizado por Soares (2005) e Palmeira *et al.* (1999) constatando que 80% dos agregados estão concentrados na faixa de diâmetros medianos inferiores a 1,00 mm nas áreas sob cultivo com adoção de técnicas convencionais no manejo do solo, como ocorreu nos pontos amostrados na horticultura. Já no solo sob mata os agregados com menores diâmetros encontram-se em torno de 30%. Para o autor essa diferença mostra a importância da matéria orgânica no tamanho e estabilidade dos agregados com grande deterioração quando se substitui a mata pelo cultivo.

Nas camadas próximas à superfície, nos perfis amostrados no solo sob horticultura (H1, H2), ocorre o predomínio de agregados com diâmetros inferiores a 2 mm, o que pode estar relacionada com a deterioração da macroestrutura, pelos efeitos do preparo do solo em acordo com Aina (1979), conforme citado por SOARES (2005). No estudo foi constatado que os valores de matéria orgânica encontrados na horticultura não estão auxiliando na estabilidade estrutural dos solos, apesar de nos últimos 3 anos, segundo relato do agricultor, a cobertura vegetal morta vem sendo deixada sobre o solo. Supõe-se que somente essa mudança não está favorecendo a sua incorporação, considerando que, a degradação da estrutura física dos solos sob horticultura promoveu a queda da produtividade, conforme já relatado.

Ao comparar as frações de agregados entre a mata (M1) e a pastagem (PT) nota-se que não há diferença significativa na distribuição dos agregados, exceto na profundidade de 0-10cm. Os pontos amostrados no solo sob mata (M1, M2) e sob pastagem (PT, PTA) apresentaram um decréscimo das frações de agregados maiores que 1,00mm ao longo das profundidades do perfil de solo. Ao relacionar os valores de matéria orgânica com a estabilidade dos agregados nos solos sob pastagem, supõe-se que os produtos resultantes da decomposição orgânica estão auxiliando a manutenção da união das partículas do solo. O impacto da compactação do solo nos primeiros 30cm no solo sob pastagem pode ter um efeito reduzido, mas não chega a evitar a compactação nas profundidades de 20cm-30cm no perfil amostrado na pastagem em uso (PT) e de 10cm-20cm no perfil de solo sob a pastagem abandonada (PTA).

Já nos solos sob horticultura (H1, H2) ocorre o contrário, o histórico de uso deste solo promoveu a quebra dos agregados e sua compactação. Apesar da atividade agrícola ser concentrada nos primeiros 30cm do solo, acredita-se que esse fator tem influenciado na capacidade de cultivo do solo, uma vez que sua absorção de nutrientes e a infiltração da água estão sendo modificadas. Assim, ocorreu uma diminuição considerável da estabilidade dos agregados do solo nos pontos amostrados do cultivo de hortaliças. Esse quadro é contrário às condições do solo, que devem ser mantidas para a garantia da produtividade agrícola, conforme apresentado por Perin *et al.*, (2001).

5.3 Principais alterações relacionadas ao uso do solo

As atividades agrícolas avaliadas na Bacia do Córrego Cabeleira afetaram as características físicas e químicas dos solos amostrados, como: densidade, porosidade, matéria orgânica e estabilidade dos agregados, sendo que as duas últimas análises foram as mais representativas para a avaliação na modificação dos seus atributos. Além dessas características, outras podem estar comprometidas na funcionalidade do solo como a disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca de cátions, pH, conteúdo de água disponível e condutividade hidráulica.

Em acordo com Reinert (2001), as principais mudanças no ambiente solo estão relacionadas ao uso e às práticas agrícolas. Juntamente com esses fatores, outros atributos estão condicionados a essas alterações que culminam na perda da sua qualidade agrícola inicial. A caracterização física e química dos solos amostrados constatou que, após a retirada da cobertura vegetal, e com o uso antrópico, houve degradação do mesmo, uma vez que ocorreu comprometimento de sua funcionalidade, no caso da horticultura. O incremento da matéria orgânica ficou comprometido e sua estrutura sofreu alteração, principalmente na atividade da horticultura, predispondo o solo a perder mais rapidamente a sua capacidade de uso agrícola.

A retirada da mata e o uso constante do solo, com a adoção de práticas convencionais, resultou em um aumento dos valores de porosidade e redução da densidade do solo. Os sistemas agrícolas analisados ao serem comparados com as áreas de mata, afetaram a estrutura do solo, principalmente no que se refere ao tamanho dos agregados, sendo que os menores valores foram encontrados no uso com maior movimentação do solo, a horticultura.

As propriedades químicas e físicas no cultivo da hortalíça (H1, H2), foram as que apresentaram a maior alteração ao serem comparadas com as características do solo sob mata (M1, M2).

Os solos amostrados na horticultura foram os que apresentaram as maiores alterações nas propriedades físicas e químicas avaliadas, principalmente a matéria orgânica e a estabilidade de agregados. No que se refere à estrutura dos solos do cultivo da hortalíça, ocorreu uma maior concentração nas frações de agregados menor que 1,00mm, em todas as profundidades, exceto na camada de 10cm-20cm, caracterizando-se como um potencial indicador da desagregação do solo.

O ponto amostrado na hortalíça 1 (H1) demonstra sinais visíveis de uma intensa perda da sua capacidade produtiva nos últimos 5 anos, conforme relato do agricultor. Os menores valores de carbono orgânico encontrados na horticultura podem ser justificados pela prática agrícola adotada, relacionados com a intensidade de revolvimento do solo.

Nos últimos anos o agricultor vem adotando práticas conservacionista simples, como a manutenção dos restos vegetais no preparo da terra, no entanto essa prática ainda não foi suficiente para evitar o processo de perda da qualidade do solo, mas deve ser considerada como uma prática que minimiza a erosão.

A necessidade de mudanças nas práticas de manejo adotadas, principalmente na horticultura é urgente, uma vez que as condições encontradas neste estudo podem estar indicando que o uso do solo para essa atividade já está comprometido. A escolha de técnicas conservacionistas, como a rotação de culturas/criações, o cultivo associado (policultura), podem ser aplicadas no intuito de evitar um maior desgaste deste solo e assim promover um manejo integrado entre o agricultor e o ambiente. O aumento da diversidade de culturas facilita o processo de reciclagem de nutrientes e de controle de erosão, pragas e doenças, melhorando a eficiência na utilização dos recursos (Francis e Clegg, 1990). Práticas como consorciação, intercalação e rotação de culturas, adubação verde e plantio em faixas, constituem formas que podem ser implementadas na horticultura.

As propriedades físicas e químicas dos solos sob pastagem (PT, PTA) não mostraram grande disparidade dos seus atributos ao serem comparados com os solos sob mata (M1, M2). No caso do ponto amostrado da pastagem em uso (PT) os valores de DS não comprometeram a continuidade da atividade, apesar de apresentar camadas compactadas. No geral, ocorreu uma queda dos valores de porosidade, com o respectivo acréscimo dos valores de DS, nas profundidades de 20cm-30 cm e 30cm-40cm. Assim a avaliação da porosidade e da DS mostraram ser eficientes na constatação da existência de camadas compactadas nesse solo.

Após avaliar os dados de porosidade e densidade do solo supõe-se que as camadas de compactação dos pontos amostrados no solo sob pastagem (PT, PTA), não apresentaram diferenças significativas independente do fator tempo e do desenvolvimento da atividade atual. No ponto amostrado na pastagem abandonada (PTA), a presença de pedotúbulo (Foto 14), pode auxiliar a hidrodinâmica do solo, em áreas virtualmente compactadas. Essa característica é apresentada como indicativo da capacidade de regeneração dos volumes estruturais em solos compactados (Soares, 2005). No entanto, as características morfológicas do solo e do declive, desse ponto amostral, exigem um planejamento preciso no desenvolvimento da atividade agrícola nessa área.

O desenvolvimento de estudos sobre as condições físicas e químicas do solo pode contribuir para a formulação de ações preventivas que evitem ou minimizem um processo de desgaste do mesmo. A adoção de sistemas de preparo do solo que busquem uma parceria racional com ambiente, além de resultar em melhor controle da erosão, tende a melhorar a qualidade da

água, a eficiência no uso de energia e as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo assim com manter a sua produtividade. Os sistemas de preparo e manejo do solo devem manter a maior cobertura possível da superfície, propiciar maior capacidade de infiltração e assegurar a máxima rugosidade da superfície, não apenas para garantir a dissipação da energia associada ao escoamento, mas, também, aumentar a capacidade de armazenamento de água sobre a superfície e no perfil do solo (Pruski,2006).

No desenvolvimento da atividade agrícola, é muito difícil evitar pequenas pressões que possam compactar o solo; entretanto, é possível usar algumas alternativas no manejo, máquina e cultura, que minimizem o efeito da degradação do solo e a consequente perda da sua produtividade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao estudar as alterações das propriedades físicas e químicas, relacionadas ao uso do solo na Bacia do Córrego Cabeleira, verificou-se uma diversidade de características que comprovaram as modificações da sua estrutura, ao substituir a cobertura vegetal pelo uso agrícola. Os diferentes usos do solo provocaram alterações nas suas características, essa avaliação demonstra o quão é necessária a mudança nas práticas de manejo, que busquem a manutenção e continuidade da produtividade do solo.

As condições de degradação do solo avaliadas neste estudo, podem comprometer a continuidade das atividades agrícolas, em especial a horticultura. As características físicas e químicas dos solos usados com essa atividade, fora, as que sofreram a maior alteração ao serem comparadas com as do solo sob mata, principalmente no que se refere a sua estrutura. As análises que foram mais efetivas para constatar o quadro de degradação dos solos amostrados foram a matéria orgânica e a avaliação da estabilidade de agregados.

A adoção de uma agricultura convencional possui uma visão produtivista, que não computa na sua produção, o desgaste proporcionado ao meio ambiente através do seu intenso uso, pois o objetivo desse sistema agrícola é cumprir com as regras de mercado, sem se preocupar com os aspectos sociais e ambientais. No entanto, quando um solo é manejado corretamente, de forma a aumentar ou conservar a sua qualidade, as consequências não irão somente aumentar a produtividade das culturas, como também contribuir para manter a qualidade ambiental.

No ambiente agrícola da Bacia do Cabeleira acredita-se que pequenas mudanças das práticas agrícolas podem proporcionar melhora na qualidade do solo e assim garantir a continuidade das atividades. As modificações têm como um dos princípios básicos evitar com que a produção agrícola se instale cada vez mais distante do seu centro consumidor, o que consequentemente eleva os custos do produto ao consumidor final. A reestruturação nas práticas de manejo dos usos agrícolas analisadas poderia fornecer uma eficiência do uso dos recursos, promovendo a viabilidade sócio, econômica e ambiental dos empreendimentos agrícolas na Bacia do Cabeleira.

A tentativa é estabelecer uma harmonia possível com o meio ambiente, sempre considerando que a agricultura é uma intervenção na dinâmica da natureza. Nesse sentido é preciso oferecer uma sustentabilidade geográfica, no intuito de se estabelecer uma conservação hídrica e biológica do ecossistema da bacia hidrográfica estudada.

Ao se considerar a manutenção política-econômica e sócio-ambiental da atividade agrícola deve-se colocar que a sua sustentabilidade está ligada a uma produção responsável e consciente dos manejadores desse sistema. Na atualidade, as ações e pesquisas, não devem somente se

restringir à adequação de procedimentos técnicos para a manutenção do recurso natural, mas também se preocupar com a disponibilidade dessas informações para os produtores.

A partir das conclusões desse estudo, as mudanças recomendadas podem ser assim sintetizadas:

- Prioridade na disseminação das técnicas agrícolas de maior contribuição à recuperação e continuidade do processo produtivo, combinando-as com práticas de melhoria imediata da produtividade;
- Desenvolvimento e adaptação de tecnologias adequadas às condições reais dos pequenos agricultores;
- Considerar as características físicas do meio, como condições climáticas, grau de acidez, níveis de fertilidade e tipos de solo, etc., de modo a tornar mais precisa e sustentável o uso do solo.

A partir da mudança em pequenas atitudes acredita-se que é possível orientar o desenvolvimento de uma atividade agrícola condicionada à sustentabilidade do ambiente. Nesta perspectiva, considera-se que o solo tem as funções de sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde humana, animal e vegetal. Tal aspecto enfatiza a importância no desenvolvimento de estudo sobre solos, apoiada no fato de a atividade agrícola ser a base econômica da economia brasileira.

REFERÊNCIAS

- ABDO, M.T.V.N. *Recuperação de solos degradados pela agricultura*. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ RecSolos/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/RecSolos/index.htm)>. Acesso em: 26 jan. 2007.
- AB'SABER, A. N., 1974, *O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras*. Instituto de Geografia/ USP, São Paulo
- AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 3.ed. Editora Bertrand Brasil S.A, 1991.p.300-305.
- ALVES, A.J.O. & RIBEIRO, M.R. Caracterização e gênese dos solos de uma topossequência na microrregião da mata seca de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19:297-305, 1995.
- ANDREOLA, F. Propriedade Físicas e Químicas do solo e Produção de feijão e de milho em uma Terra Roxa Estruturada em resposta à cobertura Vegetal de inverno e à adubação orgânica e mineral. Universidade Federal de Viçosa. Dissertação de mestrado. 1996.
- ANDREOLA, F; COSTA, L. M; OLSZEWSKI, N. “Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 857-865p. 2000.
- ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGRER, M. Propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas e usos de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, p. 139-145, 1994.
- ARAUJO, E. A (a); LANI, J. L.; AMARAL, E. F; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 307-315p. 2004.
- ARAUJO, M. A (b); TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. “Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico cultivado e sob Mata Nativa”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 337-345p. 2004.
- BAVER, L. D., W. H. Gardner, and W. R. Gardner. The thermal regime of soils. In *SoilPhysics* , edited by Baver, L. D., Walter H. Gardner, and Wilford R. Gardner. 4th ed. (Jonh Wiley & Sons, Inc., New York). 253-283 p.1972.
- BELOTTI, F. Perda de Solo por erosão na agricultura: a importância das técnicas de manejo e conservação dos solo. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado. 2005.
- BEUTLER, A. N; Silva, M. L. N.; CURI et al., N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A; CRUZ, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho Distrófico Típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 129-136p. 2001.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: ícone, 1990.355p.

BEZDICEK, D.F.; PAPENDICK, R.I.; LAL, R. Introduction: importance of soil quality to health and sustainable land management. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). Methods for assessing soil quality. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.1-8.(SSSA. Special publication, 49).

CAMARGO de, O. A.; ALLEONI, L.R.F. *Considerações para manejo do solo*. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/C7/Index.htm>. Acesso em: 26 jan., 2007.

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolo Roxo submetidos a diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 14:99-105, 1990.

CARVALHO, P. G. da S. O Cerrado de Lagoa Santa: transformações e a percepção do homem. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado. 1995.

CHAER, M. G. Modelo para a determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos, Viçosa: UFV, 2001. Dissertação de mestrado.

COGO, N. P. & Levien, R. “Perspectivas do manejo e da conservação do solo e da água no Brasil”. 500 Anos de Uso do Solo no Brasil/ Quintino Reis de Araújo (organizador), XIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água –2000.Ilhéus, Ba: Editus, 2002, 605p.

CORREIA, J. R.; LIMA A. C. S.; ANJOS, L.H.C.dos. O trabalho do pedólogo e sua relação com comunidades rurais: observações com agricultores familiares no norte de minas gerais. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 3, p. 447-467, set./dez. 2004. Tese de doutorado.

COSTA, A.C.S. & COELHO, S.M.R. Efeito do manejo do solo em Latossolo Vermelho-Escuro textura média-LEd2 do Município de Paranavaí-Paraná.II. Estabilidade dos agregados em água. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DE SOLOS, 8., Londrina, 1990. Resumos. Londrina, 1990. p.35.

CPRM. *Projeto vida. Caracterização geomorfológica*. Belo Horizonte: vol. 1, 1994.

CPRM. Projeto Vida: Uso da terra e caracterização da cobertura vegetal. Volume 3. Belo Horizonte. 1994.

CURI, Nilton (coord.). Vocabulário de ciência do solo.[com colaboração de] J. O.I Larach, N. Kämpf, A. C. Moniz e L. E. F. Fontes. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90p.

DIAS; L. E. GRIFFITH, J. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris – Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: UFV. Departamento de solos, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998.251p.

DNPM/EEUFMG. *Relatório sobre a distribuição das principais ocorrências de argilas, areias, calcários e pedreiras do município de Vespasiano (MG)*, 1969, 13 p.

DOSSO, Mireille.; Assis, W. S.; Medina, C. C.; Curmi, P.; Grimald, C.; Grimald, M.; Guimarães, M. F.; Jouve. P.; Martins, P.; Navegantes, L.;Oliveira, M.; Ralisch, R.; Ruellan, A.; Silva, L. M. S.; Simões, A.; Filho, J. T.; Veiga, I. Agricultura ou pastagem? Papel das coberturas pedológicas na diferenciação e na transformação de sistemas agrários pioneiros no Brasil. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 22, n. 1, p. 185-206. jan./abr.2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos (RJ). Manual de Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-1997.212p.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. - Brasília: EMBRAPA – Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999.412p.

FALLEIRO, R. M. SOUZA, C. M; SILVA, C. S. W. SEDIYAMA C. S, SILVA A. A.; FAGUNDES J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:1097-1104, 2003.

FILHO, Afonso Peche. Manejo e preparo de solo na horticultura disponível em: <http://www.infobibos.com/artigos/2006_2/recsolos/index.htm>. acesso em: 26 jan. 2007.

FRANCIS, C. A.; CLEGG, M. D. Crop Rotatins in Sustainable Production Systems. IN: EDWARDS, Clive A. et al (ed.). *Sustainable Agricultural Systems*. Soil and Water Conservation Society, Iowa, 1990. p. 107-122.

GOMES, J. B. V; CURI, N.; MOTA, P. E. F.; KER, J. C.; MARQUES, J. J. G. S. M.; SCHULZE, D. G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma do cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 137-153p. 2004.

GRAZIANO NETO, Francisco; Questão agrária e ecologia: crítica da moderna agricultura. 2.ed. São Paulo: Brasiliense, 1985. 154p.

JORGE, J.A.; CAMARGO, O.A. & VALADARES, J.M.A.S. Condições físicas de um Latossolo vermelho-escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:237-240, 1991

LAL, R. Managing Tropical soil Resources for food security and environmental quality. Workshop on Topical Soils. (org. FORMOSO, Milton L. L.). Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1999, p.31-54.

LAL, R.; STUART, B.A. Soil degration: a global threat. *Adv. Soil Sci.*, New York, v.11, p.13-17, 1990

LEPSCH, I. F. (coord.). Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso. Campinas. *Sociedade Brasileira da Ciência do Solo*. 1991.175p.

LOMBARDI, F. N. & BERTONI, J. *Conservação do solo*. São Paulo: ícone, 1999, 4º ed. 355p.

LOUZADA, R. O. A horticultura e a influência no processo erosivo do solo: o caso do córrego cabeleira. São José da Lapa, Minas Gerais. XXX Congresso Brasileiro de Ciência do solo-Recife. *Anais*, 2005.

MELFI, A. J.; CERRI, C. C.; FRITSH, E.; FORMOSO, M. L. L. (org.) Tropical soils: distribution and degradation of lateritic pedological systems. Workshop on Topical Soils. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1999, p.9-30.

MORAES, M.H.; BENEZ, S.H.; LIBARDI, P.L. Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja. *Bragantia*, Campinas, v.54, n.2, p.393-403, 1995.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.7, n.1, p.95-102, 1983.

OLIVEIRA, M.; CURI, N.; FREIRE, J.C. Influência do cultivo na agregação de um Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, p.317-322, 1983.

OLIVEIRA, C. V; KER, J. C.; FONTES, L. E. E.; CURI, N.; PINHEIRO, J. C. Química e mineralogia de solos derivados de rochas do grupo Bambuí no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22: 583-593p. 1998.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, v.28, n.2, p.327-336, 2004.

PALMEIRA, P. R. T.; PAULETTO, E. A; TEIXEIRA, C. F. A; GOMES, A. S; SILVA, J. B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 189-195p. 1999.

PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D.; A importância da matéria orgânica nos sistemas agrícolas. Londrina: IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná, Circular nº 98, Abril, 1998.36p

PERIN, A. *et al.* Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um Argissolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 713-720p. 2001.

PRADO, H. Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento. 2.ed. Piracicaba: H. do Prado, 2001. 220p.

PRUSKI, F. F.; GRIEBLER, N. P.; SILVA, J. M. A. da. *Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. In: PRUSKI, F. F. Conservação do solo e da água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: Editora UFV. 2006. p. 131-171.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J.. *Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras*. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, CNPS, 1995, p.65.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris: recuperação de áreas degradadas. Viçosa: UFV. Departamento de solos, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. 251p.

RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.9, n. 105, 3–25, set.1983.

RESENDE, M; CURI, N.; REZENDE, S. B; CORREA, G. F. *Pedologia Base para distinção de ambientes*. 4. ed. Viçosa, MG: NEPUT, 2002. 338p.

REZENDE, S. B.; RESENDE, M. Solos dos mares de Morros: ocupação e uso. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS: UFV, DPS, 1996. 930p.

ROMARIZ, D. A., 1974, *Aspectos da vegetação do Brasil*. IBGE, Rio de Janeiro.

SACHS, I. Desenvolvimento Sustentável, bio-industrialização descentralizada e novas configurações rural-urbanas. Os casos da Índia e do Brasil. In: VIEIRA, P. F., WEBER, J. (org.) *Gestão de Recursos Naturais Renováveis e Desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental*. São Paulo: Cortez, 1997. p.469–491.

SANTOS, D. Raphael; Lemos, C. Raimundo. Manual de descrição e coleta de solo no campo / 5. ed. – Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2005.83p.

SANTOS, D. Políticas públicas para o manejo do solo urbano: experiências e possibilidades. Seminário políticas públicas para o manejo do solo urbano: experiência e possibilidades. São José dos Campos, ago. 1996. *Anais*. São Paulo. Polis.

SCHICK J; BERTOL i; BATISTELA A; A. BALBINOT júnior Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: i. perdas de solo e água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:427-436, 2000.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:313-319, 1995.

SILVA. V. R; REINERT. D. J; REICHERT, J. M. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo vermelho-escuro e de um Podzólico vermelho- Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 239-249, 2000.

SOARES, J.L.N.; ESPÍNDOLA, C.R. & CASTRO, S.S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:1005-1014, 2005.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedade químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico de Cerrado sob diferentes usos e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 133-139p. 2003.

TISDALL, J.M.; COCKROFT, B. & UREN, N.C. The stability of soil aggregates as affected by organic materials microbial activity and physical disruption. *Aust. J. Soil Res.*, 16:9-17, 1979.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33:141-163, 1982.

TOMÉ, M.V. D. F. Manejo responsável de Agroecossistema: Integração de variáveis ambientais, sociais e econômicas. Universidade Federa de Viçosa. Tese. 2004.

TORESAN, L. Sustentabilidade e desempenho produtivo na agricultura: uma abordagem multidimensional aplicada a empresa agrícolas. Florianópolis: UFSC. 1998. (Tese - Doutorado em Engenharia).