

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**CARACTERIZAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E INDICADORES DE QUALIDADE
DO SOLO EM LOCALIDADES DE AGRICULTURA FAMILIAR DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO SUL**

MARNO ELISANDRO LOSEKANN
Dissertação de Mestrado

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**CARACTERIZAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E INDICADORES DE QUALIDADE
DO SOLO EM LOCALIDADES DE AGRICULTURA FAMILIAR DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO SUL**

MARNO ELISANDRO LOSEKANN
Engenheiro Agrônomo (UFSM)

Dissertação apresentada como
um dos requisitos à obtenção do
Grau de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS), Brasil.
Março de 2009

homologação

AGRADECIMENTOS

Agradeço a professor Paulo César do Nascimento, pela orientação a mim concedida, durante dois anos e pelo companheirismo e amizade. Também agradeço pela confiança colocada em mim, acreditando no meu potencial de realizar o trabalho de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo e ao Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia/UFRGS, pela possibilidade de realização dessa pós-graduação, e a todos seus integrantes que de uma forma ou outro ajudaram nesse trabalho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo ensino público, gratuito, e de qualidade, possibilitando a minha qualificação profissional.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

À minha família pelo respeito e aceitação de minha opção, e a minha eterna namorada pela profunda compreensão e falta de tempo disponível a ela durante esses dois anos de afastamento.

A todos os agricultores e suas famílias que disponibilizaram suas propriedades para realização do trabalho e estiveram a disposição sempre que necessário nas conversas e esclarecimentos de dúvidas.

Aos meus amigos e companheiros que tive a oportunidade de conviver e conhecer nesse período de minha vida que certamente fizeram parte dessa história, principalmente nos momentos de descontração e diversão, que foram de extrema importância.

A todas aquelas pessoas que não foram mencionados, mas que se certamente foram importantes nessa etapa de minha vida.

Muito obrigado.

CARACTERIZAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM LOCALIDADE DE AGRICULTURA FAMILIAR DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL¹

Autor: Marno Elisandro Losekann

Orientador: Prof. Paulo César do Nascimento

Resumo

O trabalho teve por objetivo contribuir na busca de informações sobre o uso do solo em seus diferentes manejos e influência do homem, avaliando possíveis modificações e alguns indicadores de qualidade do mesmo *nas regiões* de estudo caracterizadas pelo modelo de agricultura familiar, em três propriedades do estado do Rio Grande do Sul. Foram escolhidos municípios pertencentes à região *do Vale* do Rio Caí (Bom princípio e Feliz). *Esta* é caracterizada por problemas de inadequação do uso e manejo do solo, disposição de dejetos animais e utilização intensiva de insumos externos (fertilizantes químicos de síntese e agrotóxicos, principalmente). Também são constatadas na referida localidade, propriedades onde a utilização do solo e a aplicação de insumos são menos intensivas, áreas onde os sistemas de produção obedecem a uma organização com base em princípios e conhecimentos mais sustentáveis, e mesmo áreas preservadas, com vegetação natural. Propriedades e áreas representativas para amostragens foram escolhidas mediante a iniciativa e a percepção *dos* envolvidos no trabalho, com a participação de agricultores. Uma série de análises visando à caracterização dos solos, e a estimativa da qualidade dos mesmos foi realizada nas localidades selecionadas, para inferir diferenças ou alterações nessa qualidade por meio de indicadores, bem como inferir possíveis mudanças da classificação do solo da região. Foram utilizados como tratamentos seis diferentes usos, onde se observaram atributos físicos (densidade do solo, porosidade total, macro e micro), químico (condutividade elétrica - CE) e microbiológico (carbono da biomassa microbiana do solo e carbono orgânico particulado) como indicadores de qualidade do solo, com objetivo de identificar mudanças desses indicadores entre os diferentes usos. Observaram-se diferenças entre usos para biomassa microbiana, condutividade elétrica, porosidade total e macroporosidade, não diferindo significamente para microporosidade e carbono orgânico particulado, mostrando que esses indicadores foram sensíveis em sua maioria para mostrar diferença entre usos. Os perfis foram classificados respectivamente como Chernossolo Háplico órtico típico (P1); Luvisso Háplico órtico típico (P2); Chernossolo Háplico órtico típico (P3); Chernossolo Háplico órtico típico (P4) e Argissolo Vermelho-amarelo Ta distrófico típico (P5). A distribuição dos solos concorda com levantamentos anteriores, mostrando a influência de fatores pedogenéticos, como material de origem e relevo, nas características e nos processos de formação ocorridos.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Porto Alegre. (82p.) Março de 2009. Trabalho realizado com apoio financeiro do CNPq.

CHARACTERIZATION, AND CLASSIFICATION OF SOIL QUALITY INDICATORS IN CITY FAMILY OF AGRICULTURE OF THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL²

Author: Marno Elisandro Losekann

Adviser: Prof. Paulo César do Nascimento

Abstract

The work aimed to help in the search for information on the use of land in its various management and influence of man, evaluating possible changes, and some indicators of soil quality in areas of study characterized by the model of family farming . Three small farming properties Rio Grande do Sul were selected in municipalities within the region of Vale do Rio Caí (Good and Happy principle). This is characterized by problems of inadequate use and soil management, disposal of animal wastes and intensive use of external inputs (fertilizers and pesticides of synthetic chemicals, mainly). Are also found in that locality, properties where the land use and application of inputs is less intensive, areas where the production systems to meet an organization based on principles and knowledge more sustainable, and even preserved areas with natural vegetation. Properties and representative areas were chosen for sampling by the initiative and the perception of the and participation of farmers. A series of analysis to the characterization of the soil, and the estimation of their capacity was undertaken in selected locations, to infer differences or changes by the means of indicators, and possible changes in the classification of soil in the region. Treatments were used as six different uses, which physical attributes (bulk density, total porosity, macro and micro), chemical (electrical conductivity - EC) and microbiological (microbial biomass carbon and soil organic carbon particles) were evaluated as indicators of soil quality, in order to identify indicators of changes between different uses. There were differences between uses for microbial biomass, conductivity, total porosity and macroporosity, whereas microporosity and for particulate organic carbon, didn't showed significant differences between treatments, showing that the major part of these indicators were sensitive to show differences between uses. The profiles were classified, according to brazilian system of soil classification, as Chernossolo Háplico órtico típico (P1); Luvissole Háplico órtico típico (P2); Chernossolo Háplico órtico típico (P3); Chernossolo Háplico órtico típico (P4) e Argissolo Vermelho-amarelo Ta distrófico típico (P5). The distribution of soils agree with previous surveys, showing the influences of pedogenic factors in their characteristics and soil forming processes occurred.

² M. Sc. Dissertation in Soil Science., Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Porto Alegre. (82p.) March, 2009. Financial support by CNPq.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	v
RELAÇÃO DE TABELAS	viii
RELAÇÃO DE FIGURAS	ix
1.INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Agricultura familiar.	3
2.2 Indicadores e Sustentabilidade	5
2.2.1 Sustentabilidade na produção agrícola	6
2.2.2 Qualidade do solo	8
2.2.2.1 Carbono da Biomassa Microbiana	9
2.2.2.2 Carbono orgânico particulado	12
2.2.2.3 Densidade do solo	14
2.2.2.4 Porosidade	16
2.2.2.5 Condutividade elétrica	17
2.2.2.6 Objetivos e importância da classificação	19
2.2.3. Vale do Café: meio físico, distribuição e caracterização dos solos	21
Estudo 1.	
INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM LOCALIDADE DE AGRICULTURA FAMILIAR-RS	
3.1. INTRODUÇÃO	24
3.2.MATERIAL E MÉTODOS	24
3.2.1.Caracterização da Localidade de estudo	24
3.2.2.Coleta da amostras e características das áreas amostradas.....	25
3.2.3.Análise química	27

3.2.4. Condutividade elétrica	27
3.2.5. Biomassa microbiana.....	28
3.2.6. Densidade do solo	29
3.2.7. Porosidade total, macroporosidade e microporosidade	29
3.2.8. Análise granulométrica	30
3.2.9. Carbono orgânico particulado	30
3.2.10. Análise estatística	31
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.3.1. Caracterização física e química	31
3.3.2. Biomassa microbiana (C-BMS).....	34
3.3.3. Carbono orgânico particulado	36
3.3.4. Condutividade elétrica	37
3.3.5. Densidade do solo	39
3.3.6. Porosidade total, macroporosidade e microporosidade	41
3.4. CONCLUSÕES	44
ESTUDO 2	
CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS.	
4.1. INTRODUÇÃO	45
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	46
4.2.1. Caracterizações dos locais de coletas	56
4.2.2. Procedimentos do trabalho	46
4.2.2.1. Procedimentos de campo	46
4.2.2.2. Preparo das amostras e análise laboratoriais	46
4.3. RESULTADO E DISCUSSÃO	48
4.3.1. Caracterização morfológica	48
4.3.2. Caracterização física	50
4.3.3. Caracterização química	52
4.3.4. Óxidos de ferro	54
4.3.5. Classificação	56
4.4. CONCLUSÕES	57
5. CONCLUSÃO GERAL	58
6. REFERÊNCIAS	59
7. APÊNDICES	71

RELAÇÃO DE TABELAS

1. Propriedades, usos e declividades das áreas amostradas.....	36
2. Características químicas das glebas	44
3. Característica dos perfis	57
4. Características morfológicas dos 5 perfis	60
5. Composição granulométrica, argila dispersa em água, grau de flocculação e classe textural do solo dos perfis.....	61
6. Características químicas dos perfis	63
7. Constituição elementar para TFSA nos perfis estudados.....	64
8. Resultados analíticos dos teores de ferro solúveis e ditionito-citrato de sódio (2 extrações sucessivas) e em oxalato de amônio e ferro total dos perfis ..	65
9. Classificação dos solos.....	66

RELAÇÃO DE FIGURAS

1. Localização da área de estudo.....	35
2. Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), entre os diferentes usos do solo.....	45
3. Carbono orgânico particulado (COP), entre os diferentes usos do solo.....	48
4. Condutividade elétrica (CE), entre os diferentes usos do solo.....	49
5. Densidade do solo (Ds), entre os diferentes usos do solo.....	51
6. Porosidade total (PT), entre os diferentes usos do solo.....	52
7. Macroporosidade (MP), entre os diferentes usos do solo.....	53
8. Microporosidade (MP), entre os diferentes usos do solo.....	54

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a agricultura familiar vem ganhando espaço na sociedade e, em consequência na geração e acesso a políticas públicas, a partir do reconhecimento da sua importância para o país.

Os dados macroeconômicos relacionados à agricultura familiar mostram que, somente em 2003, a atividade foi responsável por 10,1% do PIB nacional, contra 9,3% no ano anterior. O levantamento mostra que o PIB da agricultura familiar cresceu R\$ 13,4 bilhões em 2003, o que representa 9,37% a mais que em 2002.

A agricultura familiar emprega cerca de 70% dos trabalhadores do setor agrícola do país (IBGE, 1998). Na região Sul, algumas características do meio físico e da própria cultura local conferem destaque ainda maior ao modelo de agricultura familiar. Entre as características diferenciadas em relação ao restante do país, destaca-se a maior renda média gerada, com mais de 31% dos produtores obtendo renda anual entre dez e vinte e cinco salários mínimos, e cerca de 25% com rendimento acima deste valor. Observa-se assim o potencial de geração de renda e emprego desta modalidade de produção agrícola, especialmente na região sul do país.

Persistem, por outro lado, dificuldades relacionadas ao próprio modelo de desenvolvimento agrícola e econômico do país. Isto se reflete em problemas, como, entre outros, a pressão ambiental, com o uso conflitivo dos solos e aplicação de grande carga de insumos externos, resultando na degradação dos solos e dos recursos naturais em geral.

A necessidade de transição e manutenção de sistemas produtivos como aqueles da agricultura familiar remete ao conceito de sistemas sustentáveis de produção agrícola.

O conceito de sustentabilidade, definida como “característica de uma atividade econômica ou sistema de produção que possibilita à atual geração a satisfação de suas necessidades e aspirações, de modo a não comprometer a possibilidade de gerações futuras conseguirem o mesmo” (WCED, 1987), pode ser aplicado para a sustentabilidade agrícola.

A manutenção da qualidade do solo pode ser estimada por avaliações periódicas de indicadores relacionados a processos e propriedades. A capacidade produtiva de um solo não depende unicamente da fertilidade, mas principalmente da interação de uma série de fatores, físicos, químicos, biológicos e morfológicos, incluindo o clima e, sem dúvida, a própria planta. Possivelmente, a crescente degradação de muitos solos agrícolas é decorrente do inadequado manejo e produto do pouco conhecimento da fração orgânica do solo, em que se inclui a atividade microbiana (Urquiaga & De-Polli, 1994).

Com base nestas premissas, e considerando as características específicas da localidade de estudo, os objetivos deste trabalho foram o estudo e avaliação dos indicadores de qualidade do solo, para as condições das localidades de execução do trabalho, e o reconhecimento e caracterização dos solos ocorrentes na região do Vale do Caí (municípios de Feliz e Bom Princípio), nas diferentes condições relacionadas ao material de origem, posição da paisagem, uso e manejo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Agricultura familiar

A agricultura familiar, embora as previsões pessimistas sobre seu futuro feitas por autores das diversas correntes de pensamento, tem sobrevivido e se reproduzido no decorrer do tempo. De forma crescente, tem sido reconhecida a sua importância econômica e social para o processo de desenvolvimento.

Os números dos Censos Agropecuários do IBGE, embora se constituam em importantes instrumentos de análise, não apresentam separadamente as unidades familiares e unidades patronais. Apesar dessa dificuldade, inúmeros trabalhos vêm evidenciando a enorme importância da agricultura familiar. O trabalho FAO/NCRA (2000), realizado a partir dos dados referentes ao censo agropecuário do IBGE de 1995/1996 (IBGE, 1998), mostra que, de um total de 4.859.964 unidades de produção existentes no Brasil, 4.139.369 ou 85,2 % se caracterizavam como unidades de produção familiar.

Esta importante “forma de reprodução e de vida” muitas vezes não tem sido bem compreendida e caracterizada. Diversos autores apresentam definições que permitem compreender melhor o que significa unidade de produção familiar ou a chamada “agricultura familiar”. Todos abordam a agricultura familiar como um modo peculiar de exploração da terra, ou seja, que possui formas de condução das atividades e da vida na unidade de produção, ligadas à lógica da reprodução e sobrevivência da família.

De acordo com Jacobsen (2002), a unidade familiar e reprodução se rege por um comportamento econômico e social muito específico, cuja interação com a sociedade envolvente precisa ser melhor conhecida, para o adequado aproveitamento destas potencialidades. Segundo o autor, a agricultura familiar corresponde a um *“conjunto de unidades de produção agrícola, onde a propriedade e o trabalho estão intimamente ligados a uma racionalidade de sustentabilidade da família, engendrando uma interdependência de determinantes básicos de sua reprodução no tempo, como uma transmissão do patrimônio e a continuidade da exploração.”*

Lamarche (1993) define a exploração familiar como “uma unidade de reprodução agrícola onde a propriedade e trabalho estão intimamente ligados a família”. Ribeiro (1997) afirma que *“agricultor familiar é aquele que constrói toda a sua estratégia de sobrevivência e multiplicação dos bens que possui a partir da família”*.

Carmo e Sales (1998), por sua vez, afirmam que o *“funcionamento da exploração familiar passa necessariamente pela família enquanto o elemento básico da gestão financeira e do trabalho disponível internamente na unidade do conjunto familiar”*. E que *“as decisões sobre a renda líquida obtida com a venda da produção, fruto do trabalho da família, pouco tem a ver com a categoria lucro “puro” de uma empresa, representado pela diferença entre renda bruta e custo total”*. Estas características são extremamente importantes para a compreensão da lógica de produção dos agricultores familiares que são diferenciadas da agricultura patronal e, muitas vezes, da lógica capitalista pura.

Durante algum tempo, o agricultor foi caracterizado apenas como “pequeno” produtor. Esta definição se resumia ao volume de produção ou ao tamanho da terra, sendo um conceito insuficiente para definir o agricultor existente e sua lógica de produção. De acordo com Alencar e Moura Filho (1998) se trata de uma análise unidimensional, que é aquela que se *“baseia em uma única variável como terra (pequeno, médio ou grande) ou renda (baixa, média e alta)”*. Os autores afirmam ainda, que a análise unidimensional possui *“pouco valor analítico-descritivo”*, pois, por não ser relacionada com outras variáveis, permite apenas colocar os produtores em posições relativas a outros produtores. A delimitação do universo da agricultura familiar, segundo Jacobsen (2002), se dá a partir das suas *“relações sociais de produção, não estando atrelada necessariamente a um limite máximo de área”* e tão pouco associada simplesmente à *“pequena produção”*.

Enfim, há muitas classificações, que são feitas de acordo com os interesses dos autores e dos propósitos dos trabalhos realizados. O que fica claro é que há uma grande diversidade de tipos de produtores familiares que devem ser considerados e compreendidos a partir das suas diferenças. O agricultor familiar não é homogêneo e nem único, não é exclusividade de nenhuma região específica, achando-se distribuído, nas suas diferentes formas, pelo estado, pelo país e pelo mundo.

2.2 Indicadores e sustentabilidade

O termo indicador origina-se do latim *indicare*, verbo que significa apontar ou proclamar. Em português, indicador significa aquilo que indica, torna patente, revela, propõe, sugere, expõe, menciona, aconselha, lembra.

Um indicador, segundo Abbot e Guijt (1999) é algo que auxilia a transmitir um conjunto de informações sobre complexos processos, eventos ou tendências. Para Mitchell (1997) um indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade. Já Beaudoux et al. (1993) afirmam que os indicadores servem para medir e comparar, sendo ferramentas que auxiliam na tomada de decisões, e não métodos. Brenbrook e Groth III (1996) concordam com a visão de Mitchell, e consideram que um indicador em si é apenas uma medida, não tendo poder de previsão ou, sendo uma medida estatística definitiva, tampouco uma evidência de causalidade. Para esses autores, os indicadores apenas constataam uma dada situação.

Indicador pode ser entendido como um instrumento que permite a avaliação de um sistema e que determina o nível ou a condição em que esse sistema deve ser mantido para que seja sustentável. Os indicadores são utilizados para operacionalizar conceitos e definir padrões da sustentabilidade. Por descritor, consideram-se as características significativas e importantes para o funcionamento do sistema que permitirão alcançar o padrão.

Conforme Camino e Müller (1993), não é possível o desenvolvimento de um indicador global, por isso é necessário buscar no tempo a evolução da sustentabilidade dos sistemas. Não há indicadores universais, pois estes podem variar segundo o problema ou objetivo da análise. Ainda segundo esses autores, os indicadores devem ser robustos e não exaustivos, ou seja, robustos no sentido de cumprirem com as condições descritas, serem sensíveis e apresentarem condições de mensuração, e não exaustivos quando refere-se a o monitoramento de um conjunto muito extenso de indicadores.

Como observado, não parece adequado o estabelecimento de um único conjunto de indicadores para avaliar qualquer sistema, porque os indicadores serão diferentes segundo o entendimento de sustentabilidade e conforme os parâmetros e descritores definidos: “*a clara definição do que é sustentabilidade*

irá estabelecer o processo de interpretação dos resultados obtidos com a leitura do indicador” (Marzall, 1999.).

Talvez isso ocorra devido aos variados e diferentes entendimentos sobre o tema e a possibilidade de ocultações de natureza ideológica, o que permite a apropriação do termo por diferentes segmentos da sociedade, ao mesmo tempo promovendo dificuldade de consenso.

Destaca-se ainda a dificuldade de hierarquizar os indicadores e de explicar as causas das mudanças ocorridas. A identificação dessas causas, muitas vezes, torna-se um exercício especulativo e subjetivo. Diante destas questões e dificuldades da busca de indicadores que consigam representar a sustentabilidade de um sistema, se observa que a natureza multidimensional da sustentabilidade promove uma variedade de informações e a necessidade de um estudo interdisciplinar, sistêmico, integrador e participativo.

2.2.1 Sustentabilidade na produção agrícola

Desde a segunda guerra mundial, a agricultura vem passando por inovações que incluem a introdução de produtos químicos sintéticos, o uso de maquinaria mais sofisticada, a diminuição da diversificação de culturas e a emergência de produtores de grande porte e mais especializados. Conseqüentemente, na evolução da relação entre homem e o meio, surgiram os desequilíbrios ambientais e, com eles, a necessidade de dar sustentação aos ciclos básicos que garantem a vida na terra. As preocupações com a conservação do meio ambiente, nas últimas décadas, têm aumentado devido à conscientização de que a qualidade ambiental é a base para a preservação da vida das futuras gerações.

Desse modo, o meio ambiente deixa de ser um bem de consumo do setor produtivo e se transforma em patrimônio da humanidade (Melo e Azevedo, 1997). Dentro deste contexto, surge o objetivo da agricultura sustentável que é o manejo e utilização dos ecossistemas agrícolas de forma a manter sua diversidade biológica, produtividade, capacidade de regeneração, vitalidade e habilidade de funcionar de maneira que possa satisfazer – hoje e no futuro – significativas funções ecológicas, econômicas e sociais em nível local, nacional e global, sem ameaçar outros ecossistemas. Em outras

palavras, a alta produtividade agrícola deve ser conciliada com padrões elevados de qualidade do meio ambiente (Rodrigues et al., 2002).

Os objetivos da sustentabilidade variam conforme as condições ecológicas, econômicas, sociais e culturais; desta maneira, a situação deve ser caracterizada e as iniciativas de sustentabilidade devem ser adaptadas às necessidades e capacidades particulares. O importante não é restabelecer a estrutura original de um ecossistema, mas sim as suas funções, de modo que as necessidades humanas por qualidade de vida sejam atendidas. Os principais objetivos da avaliação de sustentabilidade incluem conservar os recursos naturais, caracterizar e quantificar os principais processos degradativos, identificar características de resiliência e restauração dos recursos solo e água, identificar opções de manejo compatíveis com seu potencial e suas limitações e definir opções políticas para encorajar seu uso sustentável. No entanto, a ausência de foco, o estabelecimento de objetivos múltiplos e mutuamente exclusivos, a utilização de diferentes escalas de medidas espaciais e temporais e de critérios de avaliação não padronizados são algumas das causas do insucesso em alcançar a sustentabilidade da agricultura e a qualidade do meio ambiente (Lal, 1999).

Uma medida prioritária das instituições intimamente ligadas à agricultura é a avaliação dos impactos ambientais da inovação tecnológica agropecuária. Esta avaliação tem como objetivo prevenir danos causados ao meio ambiente por atividades antrópicas e, conseqüentemente, possui uma perspectiva de atenção centrada nos ecossistemas agrícolas e em especial, na conservação e recuperação da paisagem rural (qualidade e estado de conservação).

A recuperação ambiental, último aspecto a ser considerado na avaliação de impacto ambiental, inclui-se nesse processo devido ao estado de degradação atualmente observado em grande parte das regiões agrícolas do país, impondo que o resgate desse passivo ambiental deva ser uma prioridade de todos os processos de inovação tecnológica agropecuária. Este aspecto dedica-se à consideração da resiliência, definida como a capacidade de um material ou sistema em recuperar-se de uma alteração imposta, ou a habilidade de recobrar a forma original depois de cessada uma pressão deformadora. O aspecto de recuperação ambiental refere-se à efetiva contribuição da inovação tecnológica para promover a recuperação da qualidade dos recursos naturais

e dos ecossistemas, por melhoria das condições ou propriedades de compartimentos ambientais ou estoque de recursos (Rodrigues et al., 2002).

2.2.2 Qualidade do solo

A qualidade do solo é definida como a capacidade em funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais (Doran e Parkin, 1994).

Para Karlen et al. (1997), qualidade do solo é definida como sendo a capacidade do solo desempenhar suas funções em um ecossistema para suportar plantas e animais, resistir a erosão e reduzir os impactos negativos associados aos recursos água e ar. Segundo Doran e Parkin (1994) a qualidade do solo depende de suas características intrínsecas, de interações com o ecossistema, do uso e manejo e de aspectos/condições sócio-econômicas e políticas.

Os indicadores da qualidade do solo podem ser divididos em dois tipos de componentes: qualidade inerente, a qual relaciona a capacidade de realizar funções críticas que não mudam com o tempo (por exemplo, a composição elementar total) e qualidade dinâmica, ou instável, a qual relaciona as funções que dependem do tempo e do manejo do solo, como, por exemplo, os fatores biológicos.

Larson e Pierce (1991) sugerem que a qualidade de um solo deve englobar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas, de maneira que atenda o meio para crescimento das plantas, regule a distribuição da água no meio ambiente, e atue como um tampão ambiental na formação e degradação de produtos danosos ao meio ambiente.

Dentre os processos e características físicas da qualidade do solo pode-se citar as características mecânicas, como textura, estrutura e distribuição de tamanho de poros, densidade do solo, formação de crosta e solo superficial, infiltração de água e escoamento superficial (Lal, 1999). Com relação aos processos e atributos químicos do solo podem-se citar: a) acidez: pH, acidez total, alumínio trocável e saturação de bases; b) capacidade e intensidade de nutrientes: capacidade de troca catiônica, carga elétrica, espécie e concentração de cátions permutáveis, sais solúveis e condutividade elétrica; c)

propriedades de influência biológica, como teor de carbono orgânico e carbono da biomassa (Lal, 1999). Tão importantes quanto as características físicas e químicas são os componentes biológicos, ou seja, a diversidade genotípica e a atividade metabólica dos microrganismos edáficos. Portanto, um melhor entendimento da dinâmica dos microrganismos do solo, a fim de quantificar sua influência na transformação e degradação dos compostos naturais e xenobióticos é uma das prioridades da ciência do solo (Taylor et al., 2002). Dentre os processos biológicos e a biodiversidade do solo podem-se citar os seguintes fatores: a) macrofauna: minhocas, térmitas (cupins), centípodas, milípodas e outros animais maiores; b) microbiota: bactérias, fungos, actinomicetos, algas e protozoários, dentre outros; c) substâncias orgânicas: biomassa do solo ou fração ativa, fração lábil (Carbono orgânico particulado) e fração húmica, passiva ou estável (Lal, 1999).

As práticas e manejos inadequados têm degradado solos em diversas regiões do mundo, reduzindo severamente a qualidade destes e conseqüentemente do ambiente. A relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo comportamento das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Doran e Parkin, 1994).

Assim, o monitoramento da qualidade do solo é necessário e pode ser realizado mediante avaliação dos seus atributos físicos, químicos e biológicos que são importantes e fundamentais para a sustentabilidade dos sistemas e atividades agropecuárias (Lan, 1999). No monitoramento da qualidade do solo, os atributos usados como indicadores de mudanças devem ser sensíveis ao manejo numa escala de tempo que permita a verificação (Doran e Parkin, 1994).

A seguir são descritos alguns atributos de qualidade do solo, que tem sido propostos por diversos autores como sensíveis as mudanças quando os solos são submetidos a diferentes tipos de uso e manejo e avaliados neste trabalho.

2.2.2.1 Carbono da biomassa microbiana

A biomassa microbiana do solo (BMS) compreende a parte viva da matéria orgânica do solo, excluídas as raízes e organismos maiores do que 5 x

$10^3 \mu\text{m}^3$, contendo, em média, 2 a 5% do carbono orgânico e 1 a 5% do nitrogênio total do solo (Cerri et al., 1992; De- Polli e Guerra, 1999). Operacionalmente, a BMS atua como agente de transformação da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (Wardle e Giller, 1996; Marchiori e Melo, 1999). A biomassa microbiana do solo é ainda considerada um reservatório lábil de nutrientes tais como N, P e S (Jenkinson e Ladd, 1981).

Os microorganismos estão diretamente envolvidos nos ciclos dos nutrientes no solo e, aliada à quantificação de bactérias e fungos totais, a avaliação de determinados grupos microbianos dá indicação de como os processos bioquímicos estão ocorrendo. Segundo Brookes (1995), a contagem de microorganismos no solo, apesar de ser vista com ressalvas, ajuda a entender os processos que nele ocorrem e pode servir como indicador do impacto de diferentes atividades antrópicas. A biomassa microbiana do solo é definida como a parte viva da matéria orgânica e, além de armazenadora de nutrientes, pode servir como um indicador rápido de mudanças no solo, revelando a sensibilidade da microbiota a interferências no sistema (Grisi, 1995). Sua avaliação dá indicações sobre a ciclagem da matéria orgânica, podendo atuar como fonte e dreno de nutrientes por meio de processos de mineralização e imobilização.

A vegetação influencia diferentemente a biomassa microbiana e, por isto, a sua eliminação ocasiona uma drástica queda da biomassa microbiana, como revelam estudos envolvendo desmatamentos (Cerri et al., 1985; Campos, 1998). Como a avaliação da biomassa microbiana é relativamente rápida quando comparada à avaliação direta da produtividade vegetal, esta pode ter ampla aplicação na avaliação da qualidade de solo. Seu papel na conservação de nutrientes minerais e transformação dos nutrientes orgânicos em formas disponíveis para as plantas pode ser crítico em ecossistemas onde não existe adição externa de elementos (Garcia e Rice, 1994).

A dupla função da BMS, de fonte/dreno de nutrientes e de catalisador pela execução de processos enzimáticos no solo, é amplamente aceita (Duxbury et al., 1989; Templer et al., 2003). Através da rápida imobilização de nutrientes, que pode reduzir a disponibilidade de nutrientes para as plantas, a BMS funciona como dreno competitivo (Duxbury et al., 1989). Constituinto a

maior parte da fração ativa da matéria orgânica, a BMS pode ser enquadrada como o compartimento central do ciclo do carbono, sendo mais sensível que o resultado quantitativo do C orgânico e do N total para aferir alterações na matéria orgânica do solo (Gama-Rodrigues, 1999). A relação C microrganismos/C orgânico total do solo aumenta e diminui rapidamente conforme ocorram elevação ou redução da matéria orgânica do solo num sistema ecológico, e a constância dessa relação indica o novo equilíbrio desse sistema (Anderson & Domsch, 1989). O estudo quantitativo da BMS é de fundamental importância para o estudo da extensão dos processos no solo em que atua, bem como para monitoramento e aplicação de modelagens (Leal e De-Polli, 1999; Turner et al., 2001; Wang et al., 2003).

Como parâmetro ecológico, a avaliação da BMS permite obter informações rápidas sobre mudanças nas propriedades orgânicas do solo, detectar mudanças causadas por cultivos ou por devastação de florestas, medir regeneração dos solos após a remoção da camada superficial, e avaliar os efeitos de poluentes, como metais pesados e pesticidas, entre outros (Frighetto, 2000). Até o início da década de 90, os trabalhos sobre BMS tratavam, principalmente, de ajustes metodológicos (Gama-Rodrigues, 1999). Neste sentido, deve-se distinguir a biomassa de sua atividade (Siqueira et al. 1994), visto que a BMS não é uma estimativa da atividade dos microrganismos do solo, mas da massa microbiana viva total do solo, com base na concentração de algum elemento ou de alguma substância celular, considerando-se a população microbiana como uma entidade única (De-Polli & Guerra, 1999). Ressalva-se que as atividades de algumas enzimas podem ser relacionadas com a BMS e são auxiliares na interpretação da condição funcional da BMS total ou de algum compartimento (Marchiori Júnior e Melo 1999; Taylor et al., 2002; Matsuoka et al., 2003). As possibilidades metodológicas existentes para avaliação da BMS são várias e contemplam diferentes abordagens. Alguns métodos bastante utilizados têm sua confiabilidade questionada, porque sofrem influência das condições experimentais (Rodrigues et al., 1994; Gonçalves et al., 2002).

Klemedtsson et al. (1987) não detectaram mudanças significativas na biomassa microbiana, em solos utilizados para cultivo da cevada. Marchiori (1998), analisando o C microbiano, encontrou teores semelhantes entre

pastagens com 20 ou 25 anos e mata natural. No entanto, este mesmo autor encontrou, em áreas cultivadas com algodoeiro por 10 anos, reduções superiores a 60% no C microbiano em relação à mata natural. Portanto, a matéria orgânica e a biomassa microbiana dos solos podem ser alteradas com maior ou menor intensidade, dependendo do sistema agrícola instalado.

2.2.2.2 Carbono orgânico particulado

Do ponto de vista agrônômico, a matéria orgânica do solo (MO) pode ser dividida em uma fração lábil (ativa) e uma fração estável (passiva, humificada). A fração lábil é composta por substâncias de baixo peso molecular, por resíduos de plantas e animais (fração leve, MO grosseira ou particulada) e seus produtos primários de decomposição, e pela biomassa microbiana (Theng et al., 1989). Esta representa 1/4 a 1/3 da MO total do solo em regiões temperadas (Cambardella & Elliott, 1992), mas é geralmente menor em regiões tropicais (Duxbury et al., 1989). Estes compostos decompõem em semanas a meses e servem de fonte de nutrientes as plantas e de energia e carbono aos microorganismos do solo (Duxbury et al., 1989). Esta fração responde rapidamente as mudanças no uso e manejo do solo e pode ser usada como indicador da tendência do manejo à degradação (Janzen et al., 1992; Christensen, 1996; Chan, 1997).

A fração lábil da MO é controlada principalmente pela adição de resíduos ao solo, pelo clima e por outras propriedades químicas e físicas do solo que afetam a atividade dos organismos decompositores (Theng et al., 1989).

A obtenção e caracterização das porções lábeis da MO do solo têm sido realizadas sob diferentes metodologias. Na fração mais lábil, poderiam estar incluídas: a MO particulada (MOP) referida como material orgânico $>53 \mu\text{m}$, separado após a dispersão do solo com hexametáfosfato de sódio 5 g L^{-1} (Franzluebbers & Arshad, 1997); a fração leve obtida por flotação da MO em solução de NaI com densidade $1,7 \text{ g cm}^3$ (Jansen et al., 1992); e a MO grosseira, associada a fração do tamanho de partículas areia do solo, obtida após dispersão do solo pelo ultrassom (Christensen, 1992; 1996). Estes métodos envolvem fracionamento físico por peneiramento ou flotação em líquidos densos. Todas estas frações correspondem frações similares da MO

do solo e refletem as características dos resíduos vegetais de origem (Golchin et al., 1994 ; Gregorich & Janzen, 1996).

Funcionalmente, estas frações têm sido conceituadas em modelos matemáticos que definem seus compartimentos em função do tempo de permanência de cada fração da MO no solo (Parton et al., 1987).

Os compartimentos de carbono e nitrogênio reagem de maneira variável às mudanças edáficas ou antrópicas e os fluxos entre os compartimentos são constantes e envolvem a troca de matéria e energia. Utilizando um modelo de compartimentalização proposto por Duxbury et al. (1989), Mielniczuk (1999) enfatiza a dinâmica movimentação de MO entre os diferentes compartimentos propostos. De forma mais sucinta, pode-se dizer que os compartimentos A e B (biomassa vegetal viva e resíduos vegetais, raízes e exudatos, respectivamente) do modelo representam as adições de carbono ao sistema.

O manejo dos resíduos controla o compartimento B, que é dependente do sistema de cultura adotado. Os resíduos vegetais sofrem decomposição e somente uma fração (20%) do carbono permanece no solo após alguns meses. Este carbono irá alimentar os compartimentos C (MO não protegida) e D (MO protegida). Em um sistema estável (campo nativo), a quantidade de carbono adicionada pelo compartimento B equivale às perdas de carbono pela mineralização nos compartimentos C e D. Neste caso, a MO não sofre alteração de conteúdo, ao longo do tempo.

Porém quando as adições primárias são reduzidas pela queima de resíduos e pelo pousio (diminuição do aporte de biomassa), o sistema é perturbado pela atividade agrícola, a decomposição da MO aumenta e junto com esta ocorrem alterações na participação dos compartimentos C e D, que representam mais de 80 % da MO nos solos com predomínio de minerais com carga variável (Bayer, 1996).Essas perdas são acentuadas não só no compartimento C (Biomassa microbiana e MO lábil >53 μm), mas também no compartimento D (MO de proteção estrutural e coloidal) (Duxbury et al., 1989; Feller e Beare, 1997).

Resumidamente, pode-se concluir que dentre os compartimentos da MO do solo, o COP, representa a parte da fração ativa, a qual o consegue ser sensível as perturbações do sistema, que pode ser por exemplo, representada

pelos diferentes usos e manejo do solo nos diferentes sistemas de produção agrícola.

2.2.2.3 Densidade do solo

A densidade do solo (D_s) é definida como a massa de solo seco por unidade de volume, ou seja, o volume do solo ao natural, incluindo seu espaço poroso. As variações da D_s oscilam dentro dos seguintes limites médios: solos argilosos (1000 a 1400 kg m³); solos arenosos (1200 a 1900 kg m³); solos humíferos (700 a 1000 kg m³); solos turfosos (200 a 500 kg m³) segundo Reichardt (1978). Em solos arenosos, principalmente aqueles com baixos teores de matéria orgânica, os valores de D_s são geralmente maiores que em solos argilosos, pois solos argilosos apresentam maior porosidade total. A D_s é uma característica muito afetada pela estrutura do solo (grau de compactação ou dispersão), assim como das características referentes à contração e expansão dos solos (Hillel, 2004).

A D_s depende da natureza, das dimensões e da forma como se encontram dispostas as partículas do solo. Em profundidade, a densidade do solo geralmente aumenta, pois as camadas superiores provocam sobre as subjacentes o fenômeno da compactação, reduzindo a porosidade do solo (Camponez do Brasil, 2000), além de haver um conteúdo de matéria orgânica mais baixo nas camadas inferiores e uma menor agregação e penetração das raízes (Kiehl, 1979). A estrutura tem importância fundamental sobre a densidade do solo, pois esta determina diretamente a relação entre o volume de poros e o volume de sólidos. Solos com agregação bem desenvolvida apresentam boa porosidade e conseqüentemente menor densidade do solo.

A D_s é um atributo do solo sensível ao sistema de manejo adotado. O manejo inadequado do solo e o uso indiscriminado de máquinas agrícolas pesadas podem aumentar a densidade pela compactação dos horizontes superficiais. Sendo assim, a densidade do solo é influenciada pelo manejo empregado e ela é um dos principais parâmetros utilizados para avaliação do estado de compactação do solo. O aumento na densidade do solo, em decorrência do tráfego de máquinas e implementos agrícolas, não determina, necessariamente, prejuízos ao crescimento de plantas. O estado de

compactação em certos tipos de solos pode favorecer o aumento na retenção de água na faixa disponível para as plantas (Corsini, 1974).

No sistema plantio direto, o solo é submetido à menor tráfego de máquinas, porém, não é revolvido, tendendo ao adensamento ou compactação superficial. O adensamento do solo tem sido verificado pelo aumento da densidade, microporosidade, diminuição da porosidade total e principalmente da macroporosidade (Sidiras et al., 1984; Stone & Silveira, 2001), sendo estas variações mais freqüentes em solos de textura argilosa (Raghavan et al., 1977). Alguns atributos físicos do solo tais como densidade e espaço poroso, podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo de acordo com o manejo a que o solo está sendo submetido (Stone e Silveira, 2001). O aumento na preocupação com a quantificação da densidade do solo deve-se ao aumento das áreas irrigadas, do plantio direto e da compactação do solo provocado pelo manejo cultural nas lavouras (Camponez do Brasil, 2000). Em áreas de pastagem a preocupação com a densidade do solo deve-se ao pisoteio animal que pode inviabilizar a produtividade e persistência da cultura (Luz & Herling, 2004).

A matéria orgânica contribui para a diminuição da densidade do solo, uma vez que esta é de natureza porosa e contribui para o desenvolvimento da estrutura do solo, tanto nos processos de flocculação como cimentação. O papel benéfico da matéria orgânica do solo é maior em solos de textura arenosa, pois nestes casos esta representa o único agente cimentante dos agregados formados.

O efeito da granulometria do solo sobre a densidade do solo deve ser considerado sob dois aspectos: a) quando o solo não apresenta agregação e b) quando apresenta agregação. Nas situações em que haja pouca ou nenhuma agregação, os solos de textura arenosa tenderão a apresentar densidade menor do que os de textura fina (predomínio de argila e silte), pois o arranjo das partículas de areia permite a formação de uma maior porosidade. Solos argilosos, que por algum motivo estejam desagregados ou com a agregação pouco desenvolvida, apresentarão menor porosidade uma vez que a deposição das partículas de argila gera menos espaços porosos e, com o fluxo de água vertical, entopem os espaços já existentes.

A mobilização do solo em estados de umidade fora do ponto de friabilidade implica em uma diminuição da estabilidade de agregados e conseqüentemente aumento da densidade do solo. O uso e o manejo do solo alteram a sua porosidade total e a aeração e conseqüentemente a densidade (Klein & Libord, 2002). Assim, valores elevados de densidade implicam em valores baixos de porosidade e vice-versa.

2.2.2.4 Porosidade

A porosidade total consiste em espaços vazios no interior do solo que correspondem à porção volumétrica ocupada por ar e água. O tamanho deste espaço poroso é, em grande parte, conseqüência da organização das partículas sólidas do solo. Portanto, este parâmetro é afetado pelo arranjo destas partículas, ou seja, da sua capacidade de formação de agregados (Brady, 1989).

Há nos solos dois tipos de poros específicos: macroporos e microporos. Segundo valores estabelecidos pela EMBRAPA (1997), são classificados como macroporosos aqueles com diâmetro maior que 0,05 mm e microporos, aqueles com diâmetro menor que 0,05 mm. Os macroporos são responsáveis pela infiltração e aeração enquanto os microporos retêm água devido aos fenômenos de capilaridade e adsorção (Hillel, 2004).

A porosidade é conseqüência da disposição das partículas do solo. A disposição das partículas, por sua vez, é função do diâmetro das partículas que compõem a *matriz* do solo e do tipo de estrutura do solo. Os solos com partículas uniformes são mais porosos do que os de partículas de diferentes tamanhos, pois nestes últimos as partículas finas ocupam os espaços livres existentes entre o material mais grosseiro.

A agregação das partículas tende a aumentar a porosidade do solo, pois ocorre a formação de partículas secundárias maiores que as simples, as quais determinam um aumento tanto da macroporosidade (entre agregados) como da microporosidade (dentro dos agregados). A estrutura pode ser bastante alterada pelo manejo do solo e práticas que conduzem à degradação dos agregados do solo, causam a compactação através da diminuição dos macroporos (poros entre os agregados).

Solos arenosos não apresentam boa agregação e têm, portanto, menor porosidade total que solos argilosos, apresentando maior capacidade de drenagem, pois sua proporção de macroporos é maior. Solos compactados também apresentam porosidade total reduzida e ocorre uma elevação da densidade do solo o que o torna mais resistente à penetração de raízes. Por outro lado, a microporosidade em excesso pode diminuir o movimento de água e impedir a difusão de gases tornando o ambiente inadequado para o desenvolvimento de plantas (EMBRAPA, 2006). A porosidade varia de solo para solo, no perfil e de acordo com o manejo adotado. O manejo inadequado do solo pode causar sua compactação, principalmente em solos mais argilosos do Brasil em que a mineralogia é predominantemente caulínica, e por serem esses solos formados de partículas pequenas que podem ser encaixadas nos espaços formados entre as partículas maiores. Quando o solo recebe uma carga suficiente para causar compactação, a pressão recebida é rapidamente dissipada pelo fluxo de massa da zona que recebe a compressão empurrando as partículas de solo para dentro de seu espaço poroso. O resultado desta ação é o rearranjo das partículas do solo e uma redução de seu espaço poroso, especialmente dos macroporos. Este rearranjo com redução do espaço poroso aumenta a compactação e a coesão do solo, ocasionando mudanças nas relações massa-volume interferindo nos fluxos de ar, nutrientes, calor e água (EMBRAPA, 2006).

A presença dos poros é fundamental para o desenvolvimento das plantas, pois é através dos poros que o fluxo de água e as trocas gasosas ocorrem. A porosidade para ser útil sob todos os aspectos citados acima, precisa ter uma distribuição equilibrada entre macro e microporos.

2.2.2.5 Condutividade elétrica

De um modo geral a força iônica do solo pode ser medida pela determinação da condutividade elétrica (CE 25°C) e, quanto maior for a condutividade elétrica do solo, maior será sua força iônica. Um solo é considerado salino, quando existe uma elevada concentração de sais solúveis, reduzindo o potencial da água a níveis prejudiciais as plantas. Ele atinge tal classificação quando, em geral, a CE do extrato de saturação, seja igual ou

maior que 4dSm^{-1} e menor que 7dSm^{-1} a 25°C (Embrapa, 2006). A condutividade elétrica (CE) é usada para medir a quantidade de sais presente em solução do solo. Tomé (1997), afirma que o excesso de sais na zona radicular, independentemente dos íons presentes, prejudica a germinação, desenvolvimento e produtividade das plantas. Isso porque uma maior concentração da solução exige da planta um maior dispêndio de energia para conseguir absorver água (efeito osmótico) prejudicando seus processos metabólicos essenciais. Porém, deve ficar claro que cada espécie vegetal possui um nível de tolerância.

O sódio é um metal alcalino, que juntamente com o cálcio, magnésio e o potássio, constituem os principais cátions trocáveis do solo. Quanto mais alta a porcentagem de sódio entre os cátions trocáveis, menor será a saturação dos sítios de troca do solo ocupados pelo cálcio, magnésio e potássio. Embora o íon sódio e o cloreto sejam os elementos mais proeminentes e potencialmente tóxicos em solos, outros elementos encontrados podem desempenhar um papel importante na salinidade dos solos. São eles: o sulfato, o bicarbonato, o borato e o lítio.

Altas concentrações de sais causam uma diminuição na permeabilidade das membranas das células nas raízes em relação à água e, portanto, um decréscimo na velocidade de sua entrada na planta. O aumento da porcentagem de sódio no solo impede a agregação da terra, endurece o solo e aumenta a impermeabilidade. O potássio, que é um macro-nutriente essencial às plantas, pode ter sua absorção comprometida se a saturação em sódio, no solo, ultrapassar os níveis de 3% na CTC.

No intercâmbio de cátions, a tendência é no sentido de o cálcio e o magnésio substituírem o sódio, e não o inverso. Por essa razão, a relação entre esses cátions constitui índice de grande importância para avaliação da produtividade dos solos. Adubações tanto química, como orgânica podem acarretar em aumento da salinidade, dos solos, principalmente em regiões que utilizam sistemas de produção com alta intensidade, como por exemplo, a horticultura na região de estudo.

2.2.2.6 Objetivos e importância da classificação de solos

A necessidade de ordem é uma característica inata do homem. É de certa forma, um esforço para simplificar o mundo. Mesmo antes do homem, a capacidade de classificar (selecionar, estratificar, adaptar-se a diferentes ambientes) foi um importante fator na evolução biológica das espécies e, portanto, na preservação da própria vida (Cline, 1949; Resende & Oliveira, s.d.). Pela sua natureza contínua, definir a “entidade” ou o “indivíduo” solo não é tarefa simples. No sistema brasileiro de classificação de solo (SiBCS), como em outros sistemas, o perfil do solo tem sido adotado como a entidade de classificação (EMBRAPA, 2006). Vários atributos podem ser empregados na descrição de um perfil. Nem todos eles, entretanto, são empregados na classificação de um solo. Atributos descritos no campo em conjunto com outros determinados no laboratório (EMBRAPA, 2006) são imprescindíveis na estruturação de um sistema de classificação. Isto, tanto pela necessidade de se conhecer o solo como também para se estabelecer atributos taxonômicos indispensáveis ao agrupamento de classes afins.

Praticamente todos os conceitos pedológicos empregados nas classificações taxonômicas baseiam-se em atributos permanentes e que, na maioria das vezes, ocorrem nos horizontes subsuperficiais (Basher, 1997; Sanchez et al., 2003). Aqueles que experimentam mudanças com o tempo normalmente são contemplados em níveis mais baixos, ou de menor detalhamento na taxonomia dos solos em vista de seu menor peso para a classificação.

A estruturação do SiBCS encontra-se fundamentada na ocorrência e organização de horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais, conjugados com atributos diagnósticos previamente definidos. Os horizontes, de certa forma, expressam a gênese e a morfologia. Alguns dos atributos (CTC, eutrofia, distrofia, alicidade, sodicidade, salinidade, cor, mudança textural, consistência, mineralogia, etc) complementam as informações dos primeiros e têm relação direta ou indireta com a fertilidade, embora na maioria das vezes sejam também relevantes para outros fins, ou seja, extrapolam as informações de aplicação apenas em fertilidade do solo.

Nem sempre é fácil estabelecer um critério de diferenciação de classes de solos. Às vezes, é grande a variação horizontal e em profundidade das características escolhidas para este fim, mesmo a curtas distâncias. Nenhum

tipo de categoria ou de base de agrupamentos e de subdivisão de classes fornece informações suficientes para aplicações de objetivos múltiplos. Mesmo assim, os conhecimentos pedológicos sintetizados nos conceitos das classes de solos e das fases das unidades de mapeamento podem ser importantes para o êxito das atividades agrosilvopastoris e projetos ambientais. Entretanto, as mudanças temporais resultantes da atividade agrícola são realmente pouco contempladas nos sistemas de classificação de solos em geral.

A sistematização das observações de campo pela classificação dos solos visa promover e facilitar o entendimento, a lembrança, a generalização das informações obtidas e, até mesmo, a predição daquelas não coletadas (Kellogg, 1963). Outro propósito da classificação é estabelecer grupamentos para fins de interpretações utilitárias (Cline, 1949). Os sistemas de classificação de solos podem ser naturais ou taxonômicos, quando baseados em propriedades observadas (Soil Survey Staff, 1999; EMBRAPA, 2006), e técnicos ou interpretativos, quando construídos sobre um determinado tipo de uso do solo (Lepsch et al., 1991; Ramalho Filho & Beek, 1995; Ramalho Filho & Pereira, 1999; Pereira, 2002, Pedron et al., 2006).

A quase totalidade dos sistemas de classificação de solos no mundo é morfogenético, ou seja, usam critérios morfológicos relacionados aos processos de formação dos solos para definir as classes de solos. O SiBCS (Embrapa, 2006), o sistema americano – Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999) e o sistema da FAO – WRB (FAO, 2006) são sistemas taxonômicos que fazem uso de atributos morfogenéticos para a definição dos níveis categóricos superiores.

A utilização de características morfológicas na organização dos sistemas de classificação é possível devido à estreita relação entre os processos pedogenéticos e os resultados morfológicos. Em outras palavras, a morfologia do solo é a expressão direta ou indireta dos eventos pedogenéticos ocorridos em um dado material. Além disso, a observação e anotação de características morfológicas podem ser efetuadas de forma simples, no próprio campo, sem a necessidade de equipamentos sofisticados, o que facilita a obtenção dos dados para definição da classe de solo.

No Brasil, a análise de características morfológicas do solo para fins de classificação iniciou juntamente com os trabalhos de Levantamento de Solos,

na década de 50. Nesta época, parte do conhecimento utilizado vinha dos manuais americanos. Na década de 60, foi publicado o primeiro manual de descrição e coleta de solo no campo, onde as características morfológicas e ambientais foram padronizadas para atender a demanda na área de classificação de solos (Santos et al., 2005).

Diversas características morfológicas são utilizadas pelo SiBCS (EMBRAPA, 2006). A cor, a espessura, a textura, a presença de cerosidade e concreções são exemplos de atributos diagnósticos que auxiliam na diferenciação das distintas classes de solos no Brasil. As informações referentes a esses atributos morfológicos permitem a inferência de outras não observadas no perfil, contribuindo para o entendimento do comportamento do solo e do seu potencial de uso.

2.2.3. Vale do Caí: meio físico e distribuição e caracterização dos solos

Segundo o Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE) esta região é denominada de Vale do Caí e ocupa uma área de 1.854km², o que corresponde a 0,65% da área total do estado. Encontra-se nas regiões fisiográficas da Depressão Central e parte na Encosta da Serra. Compreende 19 municípios: Alto Feliz, Barão, Bom Princípio, Brochier, Capela de Santana, Feliz, Harmonia, Linha Nova, Maratá, Montenegro, Pareci Novo, Salvador do Sul, São José do Hortêncio, São José do Sul, São Pedro da Serra, São Sebastião do Caí, São Vendelino, Tupandi e Vale Real.

O Vale do Caí encontra-se próximo da região metropolitana de Porto Alegre e a principal rodovia que liga o Vale à capital do estado é a BR – 386, chamada Tabaí.

No RS, a cobertura vulcânica predomina em toda a metade norte do Estado e parte do sudoeste, constituindo parte da Formação Serra Geral e formando o Planalto Sul Riograndense. Esses derramamentos são também conhecidos como Trapp do Paraná e Província Magmática do Brasil meridional (Brasil, 1973), área esta que engloba a Encosta Inferior do Nordeste, mais especificamente os municípios de Bom Princípio e Feliz. As rochas ígneas extrusivas ou vulcânicas apareceram na superfície no RS na era Mesozóica, mais especificamente, no período Jurássico, há aproximadamente 190 milhões

de anos atrás. O período Jurássico caracterizou-se pelo clima árido, formando um extenso deserto, chamado de Botucatu, assentado sobre a área conhecida como Bacia do Paraná, recobrimo grande parte do RS. Os derramamentos vulcânicos por fissuramentos recobriram totalmente o deserto de Botucatu. Esses eventos ocorreram paralelamente ao início da divisão do super continente Pangea nos atuais continentes através dos movimentos das placas tectônicas (Holz, 1999).

Nestas áreas de superfície policíclica ocorrem sucessivamente terraços (relevo mais suavizado ligado a formação geológica Botucatu) e encostas (mais ondulado, ligados a formação Serra Geral) e vales em forma de V, em superfícies jovens, são comuns na área.

Na Encosta Inferior do nordeste, a litologia predominante é basalto em relevo ondulado a montanhoso, onde predominam Neossolos Litólicos ou Regolíticos Eutróficos, Chernossolos Argilúvicos Férricos, Cambissolos Háplicos Eutróficos, e situados em relevo mais suave ondulado, os Nitossolos. Nas porções mais baixas situadas nos vales em "U" dos rios são encontrados Chernossolos Háplicos Órticos típicos e inclusões de Cambissolos Háplicos Eutróficos gleissólicos, Neossolos Fúlvicos e Gleissolos Háplicos

Nestes locais de relevo mais acidentado, a taxa de formação do solo é semelhante à taxa de erosão natural sendo áreas portanto, classificadas como vulneráveis a degradação da terra e com vocação de uso limitada. Conforme Schröder et al. (2000), toda forma de agricultura causa mudanças no balanço e fluxos dos ecossistemas pré-existentes. Aos autores destacam que as práticas agrícolas inadequadas, levam a degradação das terras. Estas áreas são intensamente utilizadas, devido à necessidade dos pequenos agricultores familiares, que em alguns casos praticam uma agricultura de subsistência e de baixa sustentabilidade (De Bie et al., 1996)

Estudo 1

INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM LOCALIDADE DE AGRICULTURA FAMILIAR DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

3.1INTRODUÇÃO

Recentemente, a necessidade de avaliar as propriedades do solo tem aumentado devido ao crescente interesse dos pesquisadores e agricultores em determinar as conseqüências das práticas de manejo sobre a qualidade do solo, que está relacionada à sustentabilidade das funções dos ecossistemas florestais e agropecuários em adição à produtividade da planta. Um sistema agrícola é sustentável somente quando a terra é usada de acordo com sua capacidade, ou seja, a capacidade de funcionar efetivamente como um componente de um ecossistema saudável (Schoenholtz et al., 2000).

Propor indicadores de sustentabilidade é uma tarefa árdua e complexa por diversos fatores. Em primeiro lugar, pode-se destacar a existência de poucos trabalhos que tratem de proposição e de metodologias, embora haja muitos autores estudando ou analisando a sustentabilidade.

A sustentabilidade do solo pode ser estimada por avaliações periódicas de indicadores relacionados a processos e propriedades. Um indicador apropriado é aquele que provê uma medida quantitativa da magnitude e intensidade do estresse ambiental experimentado por plantas e animais (Lal, 1999).

As práticas agrícolas são geralmente consideradas como a principal causa da degradação do solo (Kieft, 1994; Lovell et al., 1995) e a extensão dessa degradação deve ser refletida pelas propriedades físicas, químicas e

biológicas do solo (Tate, 1992; Burke et al., 1995). Assim, a qualidade do solo é um indicador fundamental da sustentabilidade das atividades agropecuárias e deve ser inserida nas avaliações de impacto ambiental de tecnologias (Lal, 1999). O uso do solo pode ocasionar alterações em suas características, as quais proporcionam impactos no meio ambiente, sendo essas alterações avaliadas por indicadores de qualidade do solo.

Nesse trabalho foram selecionados como importantes e avaliados atributos de ordem física, como densidade e porosidade total, macro e micro porosidade, químico (condutividade elétrica) e microbiológicos (carbono da biomassa microbiana e carbono orgânico particulado), todos estes avaliados como indicadores de qualidade do solo, sensíveis a alterações pelo uso e manejo.

O objetivo deste trabalho foi observar a variação de alguns indicadores de qualidade do solo em relação a diferentes usos em propriedades de agricultura familiar.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da localidade de estudo

O estudo foi desenvolvido em três propriedades no estado do Rio Grande do Sul, nos municípios de Bom Princípio e Feliz (Figura 1), na região definida como região do Vale do Caí, inserida na transição entre as unidades fisiográficas da Depressão Central e Encosta Inferior do Nordeste.

A região do Vale do Caí abrange principalmente a Encosta Inferior do Nordeste. O relevo é ondulado a forte ondulado, com geologia ligada à Formação Serra Geral (rochas extrusivas basálticas), tendo na porção mais ao sul um relevo suavizado associado a materiais sedimentares (arenito, folhelhos e siltitos) das Formações Rosário do Sul e Botucatu. A vegetação é de floresta estacional semidecidual, com algum contato com floresta de araucárias. O clima é temperado úmido, com transição entre Cfa e Cfb, tendo, o segundo, temperaturas médias inferiores para o inverno, e a precipitação anual está entre 1500 e 1750 mm (UFSM, 2005). As principais unidades de mapeamento de solos, segundo Brasil (1973) e Streck et al. (2002) são a Vila (Chernossolos

Háplicos), Estação (Nitossolos Vermelhos) e Bom Retiro (Argissolos Vermelhos), esta última já sob a influência dos arenitos.



Figura 1. Localização da área de estudo (Vale do Caí - RS).

A agricultura representa cerca de 17% do PIB, com destaque para atividades hortícolas, em geral. As fontes de contaminação das águas da bacia hidrográfica são originadas em boa parte do uso agrícola dos solos, especificamente de insumos em geral e agrotóxicos na cultura de morangos (FEE, 2002; FEPAM, 2003).

3.2.2 Coletas das amostras e características das áreas amostradas

As amostras para realização do trabalho foram coletadas a campo, entre os meses de Abril e Maio de 2008. Na propriedade 1 localizada no município de Bom Princípio, e 3, em Feliz foram feitas á amostragens de seis glebas representativas dos diferentes usos, usadas como tratamentos. Na propriedade 2, município de Feliz, foram 5 glebas representativas dos diferentes usos (tabela 1). O total de glebas amostradas foi de 17, com três repetições por gleba, variando entre 0,2 a 1,5 ha a área das glebas.

Quadro 1. Propriedades, usos e declividades das áreas amostradas

Propriedades	Usos(glebas)	Declividade(classes)
Bom Princípio (P1)	Lavoura 1	Ondulado/forte ondulado(8-20%)
	Lavoura 2	Ondulado/forte ondulado(8-20%)
	Pomar	Suave ondulado(3-8%)
	Horta	Suave ondulado(3-8%)
	Campo Nativo	Plano(0-3)
	Mata Nativa	Plano(0-3)
Feliz 1 (P2)	Lavoura	Suave ondulado(3-8%)
	Pomar	Suave ondulado(3-8%)
	Horta	Plano(0-3)
	Videira	Suave ondulado(3-8%)
	Mata Nativa	Plano(0-3)
Feliz 2 (P3)	Lavoura	Ondulado/forte ondulado(8-20%)
	Pomar	Plano(0-3)
	Horta	Suave ondulado(3-8%)
	Videira 1	Ondulado/forte ondulado(8-20%)
	Videira 2	Ondulado/forte ondulado(8-20%)
	Mata Nativa	Ondulado/forte ondulado(8-20%)

Foram coletadas amostras indeformadas para atributos físicos, especificamente a densidade do solo e porosidade (macro e micro), na profundidade de 0 – 10 cm, e deformadas para atributos químicos (condutividade elétrica, carbono orgânico particulado e análises químicas) e microbiológicos (carbono da biomassa microbiana), na profundidade de 0 – 20 cm.

Para escolha das propriedades utilizou-se como referencial, o sistema de produção orgânico, o qual era praticado em todas as glebas representativas nas propriedades. A adubação utilizada era basicamente orgânica via esterco animal (gado e/ou ave), cinzas da queima de madeira, fosfato natural e também adubação via foliar com a aplicação de “super- magro” (biofertilizante utilizado na agricultura orgânica, provinda da mistura e fermentação de ingredientes tais com; melado, leite, esterco fresco de bovinos e água). Com relação a época de amostragem (abril e maio), sabe-se que as adubações não tinham sido realizadas naquele ano, porém houve dificuldade de informação precisa sobre a data da última adubação (1 a 3 anos)

No controle fitossanitário é utilizada a calda sulfocálcica e sulfato de cobre para o controle principalmente de doenças fúngicas, o soro de leite para controle do ácaro e até mesmo um secante “natural” para o controle de plantas invasoras, dentre outros meios admitidos pelo sistema orgânico. O manejo das áreas em geral é caracterizado com pouca movimentação do mesmo, com exceção das áreas de horticultura onde se utiliza a enxada rotativa, é feita

também a rotação de culturas e a cobertura do solo com palhada da cultura antecessora e cobertura verde.

As três propriedades, escolhidas fazem parte de uma associação de produtores (Ecomorango), a qual comercializa a produção, sendo fiscalizada para se obter a certificação de caráter orgânico pela ECOVIDA - empresa responsável pela certificação.

3.2.3 Análises químicas

Análises químicas foram feitas no Departamento de Solos da UFRGS, incluindo as seguintes: pH em água e KCl (Tedesco et al., 1995; EMBRAPA, 1997); Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} - Na^+ , K^+ trocáveis (Tedesco et al., 1995; EMBRAPA, 1997); acidez extraível (H^+ e Al^{3+}) - extraída com acetato de cálcio a pH 7 e determinada por titulação (EMBRAPA, 1997); fósforo disponível - extraídos por Mehlich-1; determinação por colorimetria; N total, por método Kjeldahl; carbono orgânico, pelo método Walkley-Black modificado (Tedesco et al., 1995). Com base nos resultados obtidos, foram determinadas a capacidade de troca catiônica (CTC); soma de bases (SB), Saturação por Bases (V) e saturação por alumínio (m), entre outros atributos.

Estes atributos foram analisados em duplicata, com obtenção da média para cada gleba trabalhada.

3.2.4 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica foi determinada pelo método de extrato de saturação na proporção de 1:1. Mediu-se 20 mL de solo em um tubo de centrifuga de 50 ml, adicionando-se 20 mL de água destilada.

Agitou-se intermitentemente por 1 hora e centrifugou-se a 2000 rpm por 15 minutos. Após foi decantado o sobrenadante e feita à leitura da condutividade elétrica com condutímetro, lavando antes a célula com água destilada e com um pouco de extrato a ser determinada a condutividade.

3.2.5. Biomassa Microbiana

A determinação da biomassa microbiana do solo foi feita pelo método da irradiação-incubação (Ferreira et al., 1999).

Este método baseia-se nas seguintes premissas:

- a) a irradiação do solo mata a biomassa microbiana e não afeta a matéria orgânica morta;
- b) o número de organismos mortos na amostra não irradiada é negligível comparado aquele da amostra irradiada;
- c) a fração de carbono mineralizada da biomassa microbiana em determinado período de tempo não difere em amostras diferentes;

Para a sua realização, pesou-se uma amostra de 100g de solo para ser irradiada, utilizando-se um microondas com 1350W de potência, frequência de 2450 MHz, por dois minutos, e uma amostra de 5 g para ser a testemunha não irradiada que serviu como inóculo. Amostras de solo irradiadas e não irradiadas foram colocadas em frascos de vidros e inoculadas com 5g de solo não irradiado, e acrescido de frasco contendo 20mL de NaOH 0,1mol L⁻¹, para captura do CO₂ liberado a partir da degradação da biomassa microbiana. Os potes de vidros foram fechados hermeticamente e assim permaneceram por 10 dias, quando o restante do NaOH foi titulado com HCl 0,1mol L⁻¹. O mesmo procedimento ocorreu com as amostras não irradiadas.

A quantidade de CO₂ foi determinada segundo o cálculo proposto por Stotzky (1965) a seguir:

$$CO_2 (mg100g^{-1}) = (V \text{ branco} - V \text{ amostra}) * M(HCl) * Eq.g CO_2$$

onde:

V branco = volume de HCl gasto no branco

V amostra = volume de HCl gasto em cada tratamento

M(HCl) = 0,1mol L⁻¹

Eq.g CO₂ = 6, pois C encontra-se na forma de CO₂.

Para a determinação da biomassa microbiana usou-se a fórmula proposta por Jenkinson & Powlson (1976):

$$BM = C_i - C_{ni} / K$$

Onde:

BM = biomassa microbiana, expressa em mg C kg⁻¹ de solo seco;

C_i = C- CO₂ liberado pelo solo irradiado no período de 7 dias, expresso em mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco;

C_{ni} = C- CO₂ liberado pelo solo não irradiado no período de 7 dias, expresso em mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco; e

K = fração da biomassa mineralizada em 10 dias, em condições experimentais, tendo sido utilizado o valor de 0,411 (Anderson e Domsch, 1978).

3.2.6 Densidade do solo

Para a determinação da densidade do solo, foram coletadas amostras indeformadas em cilindros metálicos de volume conhecido de aproximadamente 283,73 cm³ (5 cm de altura e 8,5 cm de diâmetro), na profundidade de 0 a 10 cm. Após a retirada das amostras, as mesmas foram acondicionadas em latas de alumínio, as quais foram tampadas e isoladas através de fita adesiva com o objetivo de não perderem a umidade.

No Laboratório de Física do Solo – Departamento de Solos, após a determinação da umidade das amostras procedeu-se o cálculo para obtenção da densidade do solo pela fórmula:

$$Ds = \frac{Mss}{Vt}$$

Onde:

Mss = massa de solo seco;

Vt = volume total da amostra.

3.2.7 Porosidade total, macroporosidade e microporosidade

Foram determinadas pelo método funis de *Buckingham*, que consiste em colocar uma amostra indeformada de solo acondicionada por um anel em uma mesa adaptada para aplicar uma pressão negativa equivalente a 60 cm de coluna de água. Esta pressão negativa é considerada como sendo a necessária para retirar a água de todos os macroporos. A sequência de determinação é a seguinte:

- saturação da amostra coletada em anéis;
- secagem externa do anel e pesagem (P1)

- colocação da amostra na mesa de tensão por 24 à 72 horas;
- pesagem da amostra para medir o peso sem a água dos macroporos (P2);
- colocação da amostra para a estufa a 110°C;
- pesagem após 48 a 72 horas em estufa, determinando-se o peso seco (P3).
- desconto das pesagens os pesos referentes ao anel condicionante e do tecido e elástico utilizados para manter a amostra no anel.

$$\text{Macroporosidade} = ((P1-P2)/Vt) \times 100$$

$$\text{Microporosidade} = ((P2-P3)/Vt) \times 100$$

$$\text{Porosidade Total} = ((P1-P3)/Vt) \times 100$$

$$\text{ou VTP\%} = \% \text{ micro} + \% \text{ macroporos}$$

3.2.8 Análise granulométrica

Após descanso de uma noite e agitação horizontal por 4 horas no dia seguinte de amostras de 50 gramas de TFSA, utilizando-se como dispersante solução de hidróxido de sódio (1mol L^{-1}) foi determinado o teor de argila pelo método do densímetro. O material que ficou retido em peneira de malha 0.053 mm foi seco na estufa a 105°C e pesado, obtendo-se a fração areia.

Para argila dispersa em água (ADA), utilizou-se o mesmo procedimento, sem a presença de hidróxido de sódio como dispersante, fazendo apenas a leitura da argila com o densímetro de Boyoucos.

3.2.9 Carbono orgânico particulado (COP)

A fração areia coletada na análise granulométrica foi utilizada para análise do (COP), sendo esta realizada pelo laboratório de análise de solo – Departamento de Solos, pelo método Walkley & Black (Tedesco et al., 1995)

3.2.10 Análise estatística

Para este trabalho, utilizaram-se como variáveis independentes (categóricas) os diferentes usos do solo. Para variáveis dependentes, os indicadores físicos, químicos e microbiológicos, e tendo em vista o trabalho ter sido realizado a campo, não podendo se estabelecer um delineamento

experimental, optou-se em escolher dois fatores de controle que diminuíssem o erro residual (fatores não conhecidos ou controlados) e aumentassem o poder dos fatores conhecidos (explicativos). Pelo conhecimento da área, foram escolhidos os fatores “propriedade” e “declividade”, o primeiro em virtude de, em cada propriedade, apesar do mesmo uso, existir peculiaridades de cada produtor em relação ao manejo; e a declividade em virtude de existir diferentes classes de relevo para o mesmo uso entre as propriedades, pois pequenas variações no gradiente e na forma do relevo podem condicionar variabilidade entre atributos do solo.

A estatística utilizada nesse trabalho, foi a análise de variância, que objetivou mostrar diferenças entre os tratamentos (diferentes usos), para os diferentes indicadores avaliados, a nível de ($P < 0,05$) de significância entre médias pelo teste de Tuckey, pelo uso do programa estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Caracterização física e química

Pela Tabela 2, observa-se que os maiores teores de argila encontram-se nas glebas da propriedade 3, respectivamente nos usos lavoura e pomar e os menores na propriedade 2, nos usos horta e mata nativa. O pH possui caráter básico nas glebas da horta da propriedade 1 e na lavoura da propriedade 2, e o caráter ácido ocorreu no campo nativo(P1) e horta(P2). O fósforo apresentou valores bem discrepantes entre propriedades e uso, variando de 3 mg/dm³ a >100 mg/dm³, que varia de limitante a alto dentro das classes de solos, para as principais culturas no Rio Grande do Sul. O potássio variou de valores considerados muito baixos a altos, em todas as glebas avaliadas.

O carbono orgânico teve índices relativamente elevados em todas as glebas amostradas, com menor valor no campo nativo (25 g kg⁻¹) considerado baixo o qual pode estar relacionado a maior densidade do solo relatada. Quanto a fertilidade, é possível inferir que as análises em geral indicam boa fertilidade em todas as glebas, o que pode ser comprovado tanto pelas análise de CTC,

como pela saturação por bases que passa de 80% praticamente em todas, menos para o campo nativo e mata nativa (P1).

É importante ressaltar que os resultados químicos aqui apresentados são médias de duas repetições das amostras coletadas, que apresentaram uma grande variabilidade dentro da mesma gleba.

Toda essa variabilidade dos dados químicos tem relação com a maneira que as glebas são conduzidas pelos produtores, onde muitas vezes a aplicação de insumos, principalmente adubação orgânica (esterco), é feita de forma não homogênea, acarretando em manchas de fertilidade (locais com maior concentração do resíduo orgânico ou fertilizantes), sendo normal essa heterogeneidade quando o trabalho é realiza a campo.

Tabela 2. Características químicas das glebas dos solos estudadas.

Usos	Argila %	pH H2O	P Mg/dm ³	C org g/kg	K mg/dm ³	Ca cmol _c /dm ³	Mg cmol _c /dm ³	Na mg/dm ³	Cu mg/dm ³	Zn mg/dm ³	CTC cmol _c /dm ³	V %
Propriedade 1 (P1)												
Lavoura 1	39	6.3	38	91.3	151	18.0	5.8	32	3.2	10.0	28	90
Lavoura 2	34	6.3	55	70.6	150	13.5	3.7	40	3.3	2.5	26	70
Pomar	37	6.7	>100	82.7	231	20.0	4.4	43	4.3	14.0	26	92
Horta	34	7.4	>100	56.8	245	27.0	8.7	40	4.2	12.0	38	96
Campo Nativo	26	5.3	2.9	43.1	39	4.1	1.4	34	2.3	2.3	11	51
Mata Nativa	26	4.7	14	60.3	76	2.7	1.9	26	2.5	4.0	16	30
Propriedade 2 (P2)												
Lavoura	34	7.3	>100	56.8	174	18.0	4.0	26	3.3	12.0	24	94
Pomar	25	6.4	34	51.7	153	12.2	2.8	11	2.4	10.4	18	85
Horta	22	5.6	10.3	62	95	12.8	6.8	71	2.3	4.2	24	82
Videira	35	6.4	35	60.3	244	17.3	7.3	37	4.3	9.4	30.4	89
Mata Nativa	24	6.2	7	56.8	61	16.2	7.2	52	1.8	4.2	26	88
Propriedade 3 (P3)												
Lavoura	46	6.1	2.6	55.1	37	21.0	22.5	57	2.6	2.0	37.2	90
Pomar	43	6.5	33	63.7	250	19.0	9.1	58	3.9	7.4	32.	91
Horta	29	6.6	90	94.8	>400	11.0	6.6	63	4.3	15.0	28.7	92
Videira 1	31	6.2	17	70.6	110	28.0	13.0	110	2.4	2.4	42	91
Videira 2	31	6.1	16	68.9	62	27.0	11.4	70	3.0	4.1	38	93
Mata Nativa	31	6.1	3	82.7	104	21.8	10.8	67	2.2	2.6	36	91

3.3.2. Biomassa microbiana (C-BMS)

Em relação a diferentes usos, observa-se que na mata nativa, a biomassa microbiana (C-BMS) foi superior em relação aos outros usos, diferindo significativamente de todos, com exceção do campo nativo (Figura 2). Perez et al. (2004) afirmam que em ambientes cujas características iniciais foram alteradas pelo manejo, os valores de CB são alterados.

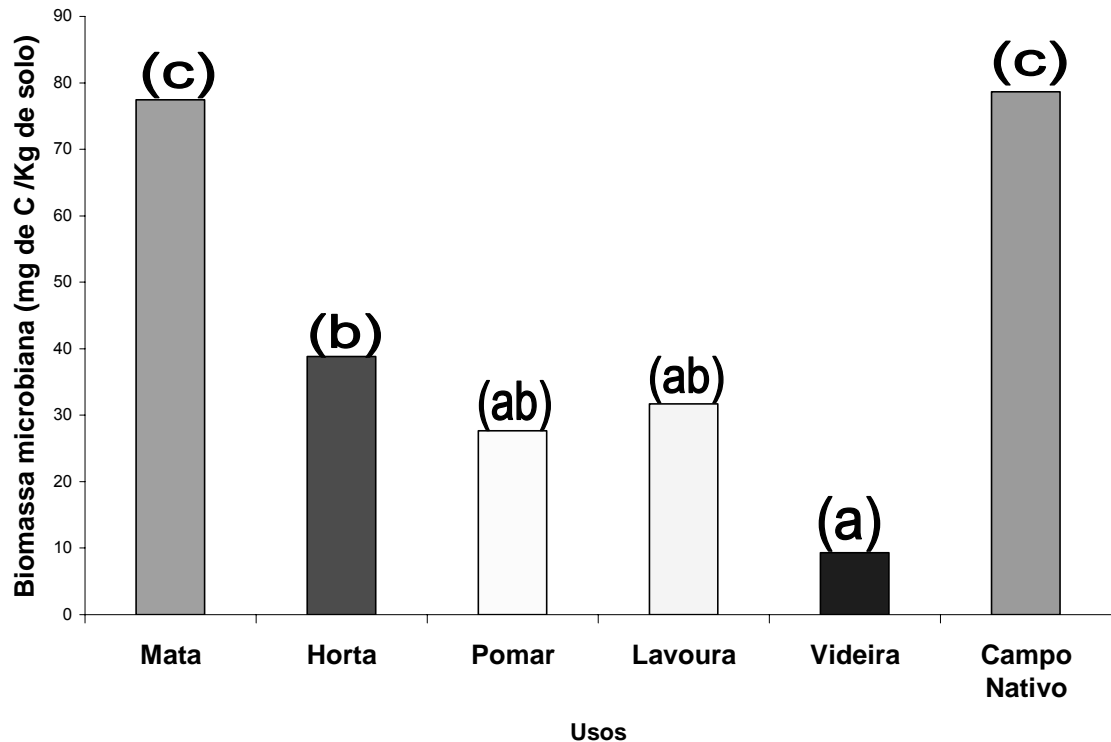


Figura 2. Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), no solo sob diferentes usos. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de tukey, ($P < 0,05$).

As maiores diferenças ocorreram em relação às áreas de videira, pomar, lavoura, e horticultura. Já para o campo nativo essa diferença não foi significativa em relação a mata, o que pode ser explicado pelo maior aporte de raízes, principalmente das gramíneas, que é a principal cobertura e também o aporte de excremento animal (bovino). As gramíneas apresentam um efeito rizosférico intenso em virtude do seu abundante sistema radicular, o que geralmente promove elevada taxa de reciclagem (Rovira, 1978). A biomassa microbiana é muito sensível às alterações nas formas de carbono orgânico do solo em função das mudanças no manejo ou uso do solo. Após a alteração ser

introduzida, de acordo com Powlson et al. (1987), a biomassa microbiana sofre flutuações até atingir um novo equilíbrio.

O menor valor apresentado na videira pode ter relação com a cobertura vegetal da área, principalmente por se tratar de gramíneas com alta relação C/N, mais especificamente o azévem mantido por ressemeadura natural consorciado com algumas espécies nativas. Em solos cultivados com videira, Matsuoka et al. (2003) observaram redução de 68% do C-BMS em relação a área nativa sob cerrado. Também pode ter sido influenciado pelos teores de cobre e zinco no solo, devido à utilização constante de sulfato de cobre, e calda sulfocálcica. Chander e Brookes, (1991 e 1993), encontraram redução de 12% do C-BMS, e quando os dois metais foram combinados, chegou a uma redução de 53%.

Entre os fatores responsáveis por condições mais favoráveis ao desenvolvimento microbiano, nas áreas sob vegetação natural, merecem destaque a ausência de preparo do solo, resultando em maior presença de raízes, as quais aumentam a entrada de substratos orgânicos no sistema, via exudatos radiculares (Bopaiah & Shetti, 1991), a maior diversidade florística (Mendes et al., 2002; Bandick & Dick, 1999), favorecimento das populações fúngicas (Matsuoka et al., 2003), quantidade e qualidade dos resíduos vegetais retornados ao solo proporcionando a ocorrência de menor variação e de níveis mais adequados de temperatura e umidade (Oliveira et al., 2001).

O somatório desses fatores contribui para a ocorrência de maiores níveis de biomassa nessas áreas, comparativamente às áreas sob cultivo.

As alterações em alguns indicadores biológicos do solo pela adoção de diferentes sistemas de manejo foram verificadas por D'Andrea et al. (2002) na região do cerrado do Estado de Goiás, e por Santos et al. (2004) no Rio Grande do Sul. D'Andrea et al. (2002) observaram redução nos teores de carbono microbiano com a adoção de pastagem e plantio convencional, comparado com o sistema plantio direto e a mata nativa. O mesmo comportamento foi observado por Santos et al. (2004) que verificaram que o sistema plantio direto, comparado ao plantio convencional, proporcionou aumentos na atividade e biomassa microbiana do solo. Recentemente, Melero et al. (2006) avaliaram a resposta dos microrganismos do solo à adoção do sistema convencional e orgânico e observaram que o sistema orgânico

aumentou o conteúdo de matéria orgânica, a biomassa e a atividade microbiana, melhorando a qualidade e produtividade do solo.

Isoladamente, a biomassa microbiana pouco reflete as alterações na qualidade do solo, apesar de ser um indicador precoce de intervenções antrópicas (Brookes, 1995). Entretanto, a resposta da biomassa microbiana é mais rápida, se comparada com o conteúdo de matéria orgânica (Jenkinson & Ladd, 1981) quando utilizada como índice para comparar a qualidade do solo sob diferentes manejos.

Estes autores sugerem que as mudanças no conteúdo de biomassa microbiana predizem em longo tempo o conteúdo de matéria orgânica do solo. Dessa forma, segundo Larson & Pierce (1994) as taxas de mudanças da biomassa podem indicar, em longo tempo, a qualidade e a saúde do solo.

Conforme se observa na tabela 2, nas áreas onde a biomassa foi maior, não foi observada uma relação positiva com o teor de matéria orgânica, como esperado segundo (Jenkinson & Ladd, 1981). Possivelmente a grande variabilidade dos atributos químicos, dentre os quais o teor de carbono orgânico, não tenha possibilitado essa inferência conforme a literatura apresenta.

3.3.3 Carbono orgânico particulado

O COP refere-se à MO grosseira, associada à fração do tamanho de partículas areia do solo, e reflete as características dos resíduos vegetais de origem. Na figura 3 se visualiza que estatisticamente não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos para o carbono orgânico particulado, porém os maiores valores correspondem aos usos lavoura, videira e horta.

Em áreas sob manejo, com maior cobertura vegetal, é esperado maior aporte de material e, conseqüentemente, maior incremento de COP, o que pode ser uma explicação para os maiores valores encontrados nas glebas cultivadas em comparação à condição natural do campo nativo.

No caso da mata nativa se esperava maior valor, mas esse carbono orgânico presente está mais associado à fração da biomassa microbiana como já apresentado, da mesma forma pode ser uma explicação para o campo nativo, apesar de ocorrer menor aporte de resíduo que na mata.

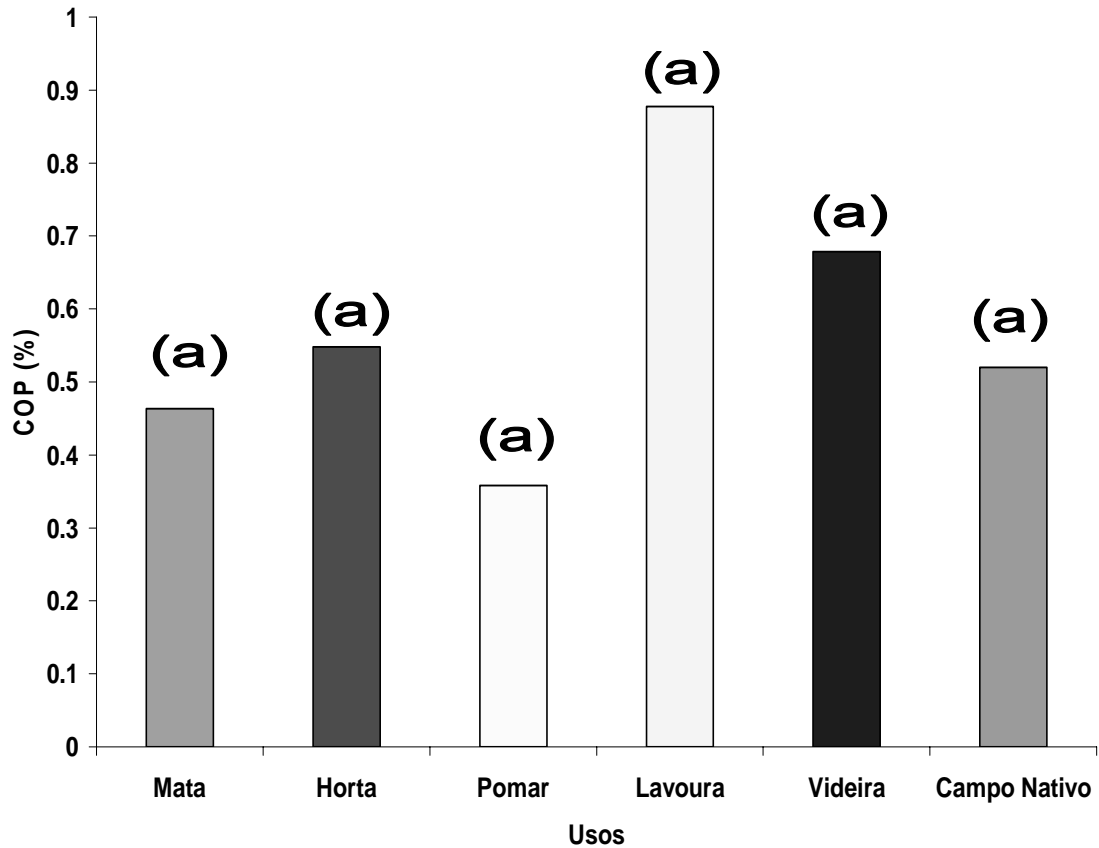


Figura 3. Carbono orgânico particulado entre os diferentes usos do solo. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de tukey, ($P < 0,05$).

Os valores encontrados vão de encontro ao sistema de produção orgânico adotado nas propriedades, até mesmo em usos como horta em que eram esperados menores teores de COP. Isto é devido, em princípio, ao baixo aporte de resíduos e pequena cobertura do solo para este tipo de uso em sistemas convencionais, evidenciando-se, com os resultados acima, a diferença em relação ao sistema de produção verificado nas propriedades. Por exemplo, algumas práticas como a utilização de coberturas verdes incorporadas, em sistemas de rotação de culturas em canteiros, podem ter sido responsáveis pelo alto teor de COP nas áreas utilizadas com lavouras, e também nas hortas, nas propriedades trabalhadas.

3.3.4 Condutividade elétrica

Em relação à condutividade elétrica, se observa que o maior valor corresponde ao uso para horticultura, diferindo significativamente em relação à da mata nativa, videira e campo nativo, sendo também maior que o pomar e lavoura, apesar de não haver, entre estes, diferenças significativas (figura 4).

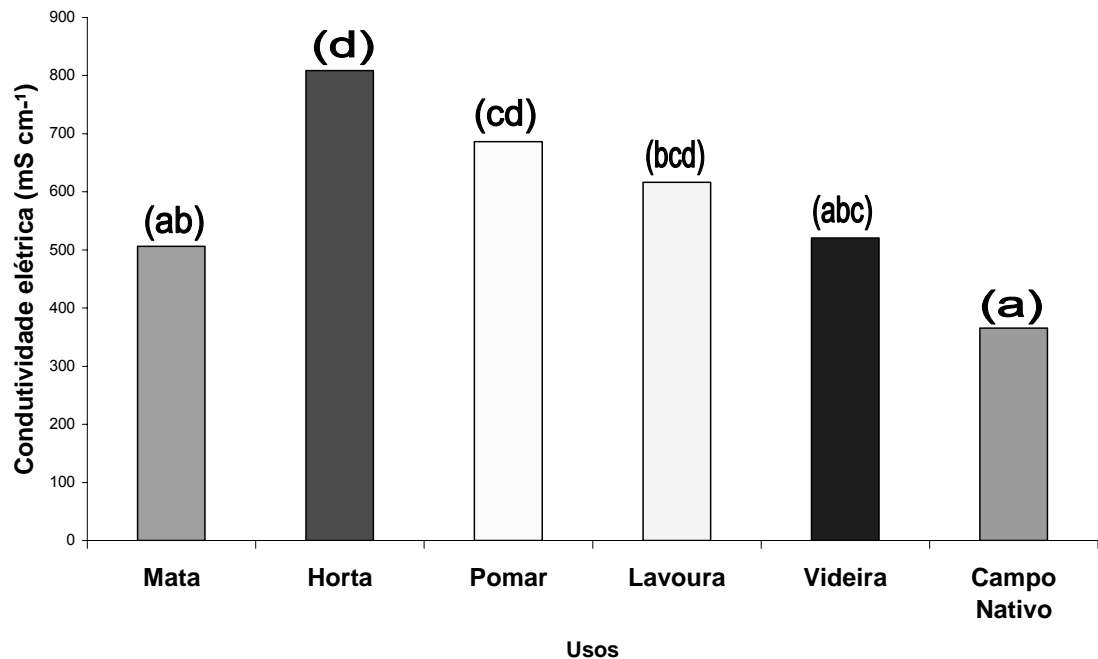


Figura 4. Condutividade elétrica (CE) entre os diferentes usos do solo. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de tukey ($P < 0,05$).

Na cultura de hortícolas, é comum o uso intensivo de adubação química, e mesmo no caso de sistemas orgânicos, o grande aporte de material orgânico, acaba elevando a concentração de elementos como fósforo, potássio nitrogênio e sódio (Bissani et al., 2008). Estes maiores teores aumentam a concentração de sais e conseqüentemente maiores valores de condutividade elétrica. Valor mais elevado de sódio pode ser observado na tabela 2, na propriedade 2, e para o potássio na propriedade 3. Além disso pode-se destacar o caráter alcalino do pH na propriedade 1.

Os menores valores encontrados no campo nativo estão de acordo com os sistemas de manejo adotados, pois não é feita adubação na área há muito tempo, sendo o aporte de nutrientes proveniente unicamente da excreção animal e a própria reciclagem da vegetação, principalmente gramíneas.

Em relação à comparação entre os tipos de uso da terra, percebe-se a semelhança entre valores de CE para pomar e lavoura o que também pode ser justificado pelo sistema de produção adotada dos produtores que relatam em seu histórico de uso a utilização de adubação orgânica (esterco bovino e de aviário).

Apesar de alguns usos apresentarem teores que diferenciam significativamente da mata nativa, nenhum destes apresenta valores que possam causar problemas de salinidade e crescimento das plantas.

3.3.5 Densidade do solo

A densidade do solo (D_s), pode fornecer informações importantes sobre a compactação subsuperficial, bem como processos como a pulverização excessiva do solo em superfície, o que influencia diretamente propriedades como infiltração e retenção de água no solo, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade desse solo aos processos erosivos.

As alterações da densidade do solo podem ser naturais, difíceis de serem avaliadas e medidas, agindo lentamente no solo como, por exemplo, a iluviação de argila; ou não naturais, como forças mecânicas causadas por rodas das máquinas agrícolas e pela própria ação de implementos sobre o solo (Beltrame & Taylor, 1980).

Os valores médios de densidade do solo, obtidos nos diferentes áreas oscilaram entre 1,04 á 1,50 g cm^{-3} , considerando os diferentes usos (Figura 5). Houve diferença significativa só para o campo nativo em comparação a todos outros, o que indica que tais usos afetaram a D_s de forma similar, com exceção do campo nativo.

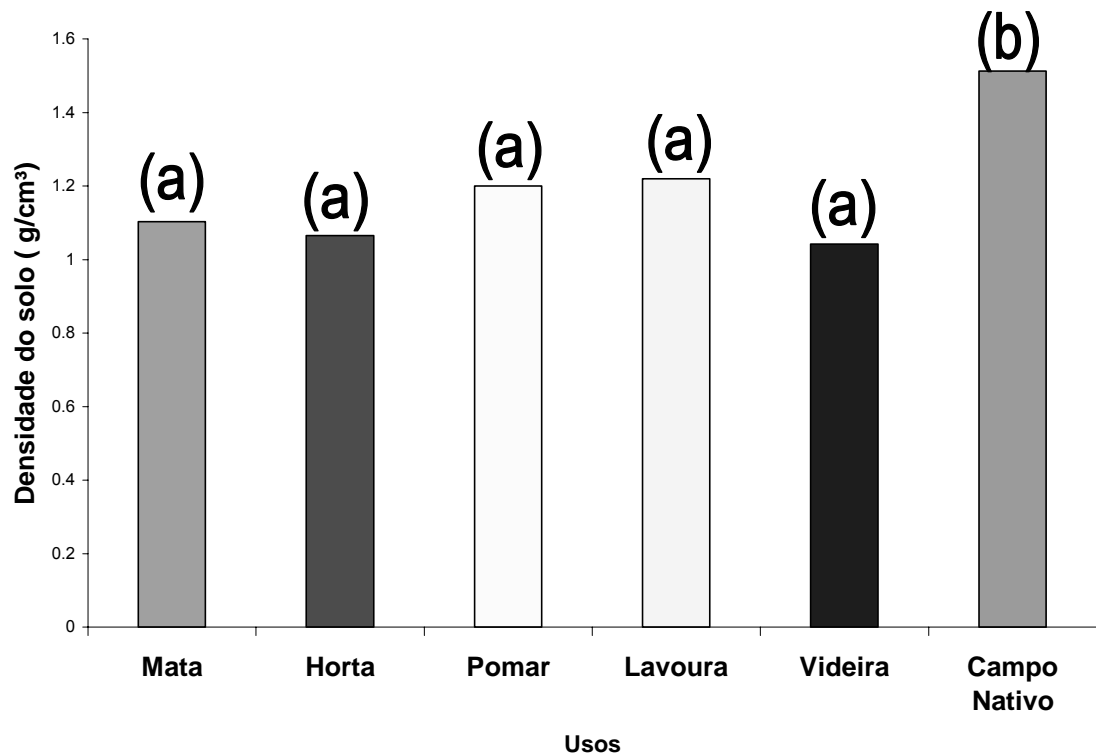


Figura 5. Densidade do solo (D_s), entre os diferentes usos do solo. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de tukey, ($P < 0,05$).

Essa maior densidade na gleba de campo nativo se deve a compactação ocasionada pelo pisoteio animal e o não revolvimento e preparo do solo durante anos de utilização sem subdivisão e rotação na área. Bassani (1996), estudando as propriedades físicas do solo e produtividades de milho induzida pelo plantio direto e convencional em área pastejada e não pastejada, observou uma redução significativa na macroporosidade do solo, na camada superficial de 1,0-8,6 cm de profundidade, após o período de pastoreio. O autor atribuiu esta alteração na macroporosidade ao efeito do casco bovino, compactando a camada superficial do solo.

O uso com videira, apesar de não apresentar valores de D_s significativamente diferente dos demais tipos de uso (exceção do campo nativo) apresentou densidade próxima da mata e horta, o que não era esperado, em razão da mata não ter influência antrópica e possuir maior porcentagem de matéria orgânica, e a horta por ser um uso mais intensivo no preparo do solo, com maior mobilização para a formação de canteiros a cada dois ou três anos. Por outro lado, o sistema agroecológico trabalha com menor

preparo dos canteiros, que são mantidos por mais tempo o qual pode ser uma explicação. Outra explicação pode ser que a cobertura vegetal utilizada na videira tenha um sistema radicular que promoveu a melhor estruturação e agregação do solo, melhorando seu espaço poroso total o que é justificado pela maior porosidade total (Figura 6).

Ressalte-se que a avaliação da densidade do solo ocorreu em camada superficial, não sendo, desta forma, possível avaliar-se o efeito de possíveis camadas compactadas em subsuperfície. Estas podem ocorrer tanto pela forma de manejo das áreas, como pela própria características naturais destes solos, caracterizados, em alguns casos, pelo aumento do teor de argila e diminuição da macroporosidade em horizontes subsuperficiais (Streck et al., 2008).

3.3.6 Porosidade total; macro e microporosidade.

Os valores de porosidade total (Figura 6) demonstraram que houve diferença significativa entre os tratamentos, tendo como menor valor o campo nativo e o maior a videira.

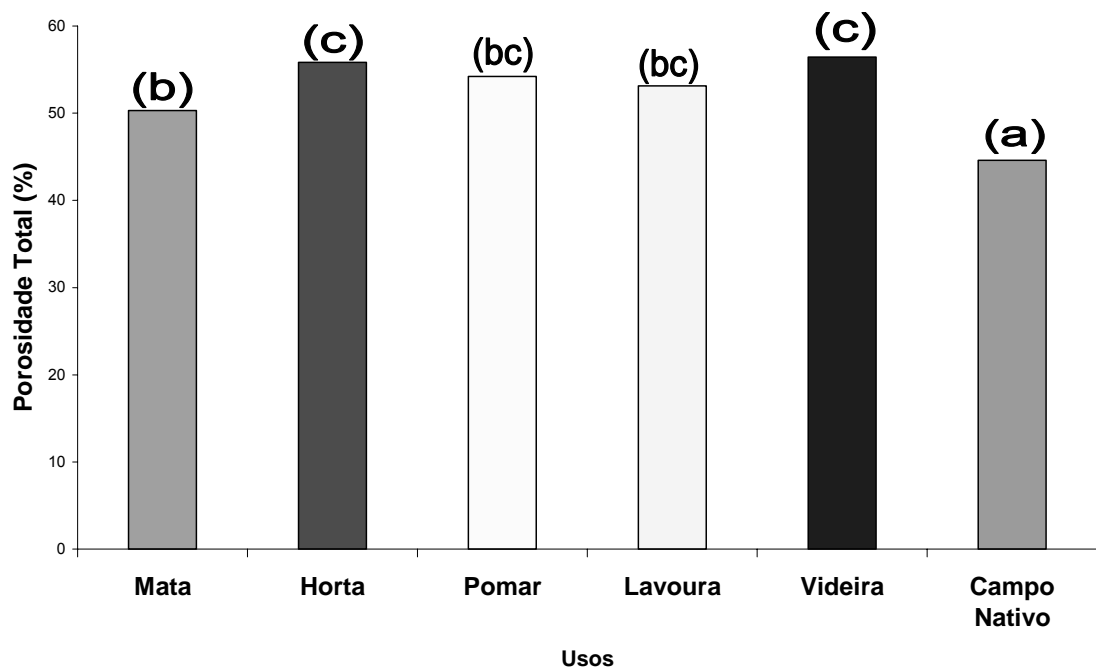


Figura 6. Porosidade total (Pt), do solo sob diferentes usos do solo. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de tukey, ($P < 0,05$).

A porosidade total do solo corresponde à fração volumétrica do solo ocupada com ar e ou água e, representa o local onde circulam a solução e ao ar, sendo, portanto, o espaço em que ocorrem os processos dinâmicos de ar e solução do solo (Hillel, 1970) citado por Klein & Libord (2002). Em geral os solos de textura mais fina, tem maior porosidade quando comparados aos solos de textura mais grosseira.

A porosidade total do solo (Pt), propriedade que tem uma relação estreita e inversa com a Ds manteve relação esperada com densidade, ou seja, o campo nativo, que apresentou os maiores valores, mostrou em relação a porosidade valores menores, sendo que diferiu significativamente de todos os tratamentos, já a horta e videira diferiram da mata, não ocorrendo diferença entre os outros.

Para a horta a maior porosidade total e macroporosidade são explicadas pela grande mobilização do solo (Figura 7). Esta é decorrente do sistema de manejo, em que o solo deve permanecer solto para melhor desenvolvimento das culturas. Os menores valores de densidade observados para as áreas com videira refletem-se na maior porosidade total e macroporosidade obtidas.

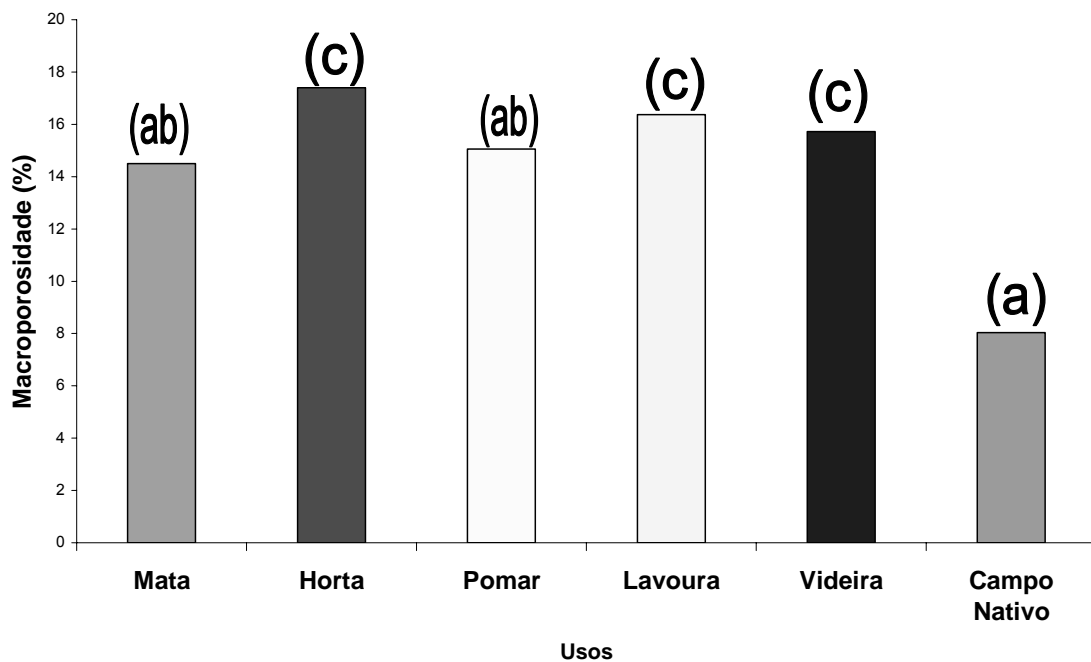


Figura 7. Macroporosidade (Mp), do solo sob diferentes usos. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de tukey, ($P < 0,05$).

Em trabalho realizado por Ceconi et al. (2006), nas glebas usadas com horta e videira, observou-se uma maior porosidade com relação às demais glebas que sofrem influência da ação antrópica, situação desejável para obter boas produtividades, pois a porosidade é essencial ao desenvolvimento radicular.

Solos com usos mais intensivos geralmente apresentam menor macroporosidade, em decorrência da maior compactação ocasionada pelo uso tanto de máquinas como pelo menor aporte de resíduos.

Normalmente, solos de mata e campo nativo apresentam maior macroporosidade (Albuquerque et al., 2001), sendo que o campo nativo também depende das práticas de manejo que contribuem para tal degradação como o pastoreio excessivo e/ou alta taxa de lotação e a falta de sistematização das áreas com declive acentuado. Este resultado não foi encontrado para o campo nativo, assim como porosidade total, provavelmente devido às práticas de manejo e lotação, diferindo de todos outros tratamentos. Entre as formas de uso sob horta, lavoura e videira não houve diferença, assim como entre mata e pomar.

Com base na Figura 8, se observa que não houve diferença significativa ($P < 0,05$), entre os usos em relação à microporosidade. Porém, os menores valores são apresentados para a mata nativa e lavoura e as maiores para videira, pomar, horta e campo nativo. O fato observado de não ocorrer diferença entre tratamentos, foi observado por Araujo et al. (2004), trabalhando com solo cultivado e mata nativa. Silva & Kay (1997) salientam que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura e teor de carbono orgânico e muito pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo, originada do tráfego de máquinas, implementos, etc.

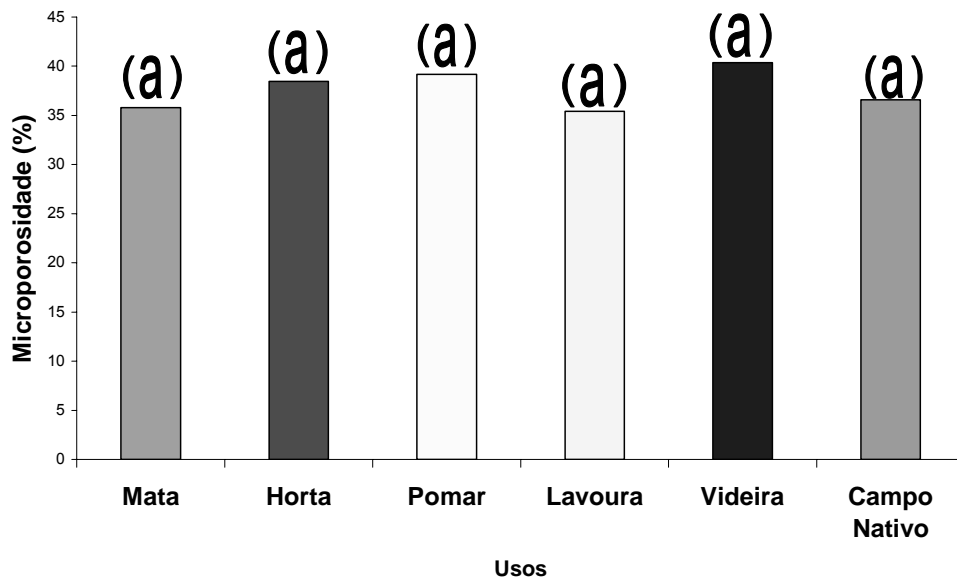


Figura 8. Microporosidade (Mp), do solo sob diferentes usos. Médias seguidas da mesma letra não diferem significamente ($P < 0,05$).

3.4. CONCLUSÕES

O C-BMS apresentou diferença entre os tratamentos, mostrando-se sensível aos diferentes usos do solo, menos para o campo nativo, que apresentou o maior valor em relação a os outros tratamentos, porém não diferiu da mata. A condutividade elétrica também refletiu diferenças de uso do solo, sendo mais elevada para a horticultura.

A densidade do solo diferiu somente para o campo nativo em relação a todos os outros usos, o qual apresentou maior média. Porosidade total, assim como a macroporosidade, também apresentou diferença significativa entre os tipos de uso avaliados, não diferindo apenas a microporosidade.

O COP, apesar de apresentar diferentes valores entre os tratamentos, não demonstrou a sensibilidade em nível de diferir significante entre os usos provavelmente pela grande variabilidade.

O conjunto de indicadores de qualidade do solo avaliados foi, em geral, sensível aos diferentes usos, para o sistema de produção adotado em local de agricultura familiar podendo-se constituir em atributos interessantes para avaliação de outros estudos.

Estudo 2

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

4.1.INTRODUÇÃO

Na gênese do solo ocorrem modificações morfológicas, químicas, físicas e mineralógicas. Essas modificações ocorrem na transformação do material de origem, por meio do intemperismo, que pode ser conceituado como a decomposição e desintegração in situ de rochas e minerais próximos e na superfície da terra por processos físicos, químicos e biológicos, sofrendo influência do ambiente (fatores pedogenéticos), condicionando a atuação de diferentes processos pedogenéticos ao longo do tempo.

Os processos pedogenéticos imprimem determinadas feições aos solos, observáveis em um perfil ou corte. Essas feições são avaliadas pelas características morfológicas do solo, como cor, espessura de horizontes, textura, estrutura, etc. Desse modo conhecendo-se as feições morfológicas e os processos que as geraram, é possível se fazer uma reconstituição da história do solo, ou de como ele se formou.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS, 2006) considera muito importantes os processos pelo qual o solo se formou, o que pode ser inferido a partir de suas características, físicas, químicas e morfológicas. É importante, então, entendermos que existe um encadeamento, uma sucessão desde o início do intemperismo sobre a rocha até a diferenciação do perfil do solo com suas características atuais, permitindo o enquadramento em um sistema de classificação taxonômica, porque essa compreensão nos habilita a

fazer previsões melhores do comportamento do solo em relação a determinado uso, manejo e intervenções antrópicas de modo geral.

Com o objetivo de reconhecer e caracterizar os solos ocorrentes na região do vale do Caí (municípios de Feliz e Bom Princípio) em maior detalhe, nas diferentes condições relacionadas ao material de origem e posição da paisagem, foram avaliadas características de ordem física, química e morfológica de cinco perfis representativos de solos desta região.

4.2. MATERIAIS E MÉTODO

4.2.1 Caracterizações dos locais de coletas

Foram escolhidos cinco perfis representativos de solos da região, conforme descrito em Brasil (1973) e RADAMBRASIL (1986). O quadro abaixo identifica a localização, relevo e material de origem dos perfis avaliados no trabalho.

Quadro 3. Identificação dos perfis

Perfis	Coordenadas	Localização	Relevo	Material de origem
1	29°28'17"-51°22'25'	Bom Princípio	Planície de arroio(Plano)	Basalto
2	29°29'19"-51°21'28'	Bom Princípio	Encosta; terço superior (Ondulado)	Basalto
3	29°29'11"-51°18'14'	Feliz	Planície de arroio(Plano)	Basalto
4	29°29'31"-51°18'29'	Feliz	Encosta; terço superior (Ondulado)	Basalto
5	29°29'25"-51°18'56'	Feliz	Encosta; terço inferior(Ondulado)	Arenito

4.2.2 Procedimentos do trabalho

4.2.2.1 Procedimentos de campo

Nos perfis realizaram-se descrições morfológicas, conforme procedimentos descritos em Santos et al. (2005). Foram coletadas amostras de todos os horizontes dos 5 perfis representativos, das áreas em estudo, observando os aspectos externos aos mesmos.

4.2.2.2 Preparo das amostras e análises laboratoriais

As amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e tamisadas em peneiras de 2 mm de malha, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), sendo então as mesmas submetidas à análises químicas e físicas.

Procedeu-se a análise de distribuição granulométrica dos solos, quantificando as frações areia grossa e areia fina, silte e argila. Determinou-se a argila dispersa em água e calculou-se o grau de floculação, conforme EMBRAPA (1997).

Análises químicas de rotina foram feitas no laboratório de análises de solo e água da UFRGS, dentre estas as seguintes: pH em água e KCl (Tedesco et al., 1995; EMBRAPA, 1997); Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} - Na^+ , K^+ trocáveis (Tedesco et al., 1995; EMBRAPA, 1997); Acidez extraível (H^+ e Al^{3+}) - extraída com acetato de cálcio a pH 7 e determinada por titulação (EMBRAPA, 1997); fósforo disponível - extraído por Mehlich-1 e determinado por colorimetria; N total, por método Kjeldahl; carbono orgânico, pelo método Walkley-Black (Tedesco et al., 1995). Com base nos resultados obtidos, foram calculadas a Capacidade de Troca Catiônica (CTC); Soma de Bases (SB), Saturação por Bases (V) e Saturação por Alumínio (m), entre outros atributos.

As avaliações morfológicas de rotina envolveram as características de perfil e ambientais, conforme descrito em Santos et al. (2005).

A constituição química da TFSA dos solos foi determinada pela extração por meio de ataque sulfúrico (EMBRAPA, 1997), com posterior cálculo dos índices K_i e K_r , avaliados respectivamente pelas fórmulas:

$$K_i = 1,7(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3);$$

$$K_r = 1,7[\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,64\text{Fe}_2\text{O}_3)].$$

As dissoluções seletivas relativas aos óxidos de ferro (Fe) pedogênicos (Fe_d) foram realizadas por meio de duas extrações sucessivas com o ditionito-citrato bicarbonato (DCB) de sódio (Mehra e Jackson, 1960); e dos óxidos de Fe de baixa cristalinidade (Fe_o) por meio de uma extração, na ausência de luz, com oxalato de amônio, pH 3, (Mckeague e Day, 1966). Os teores de F nos extratos obtidos foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

Os resultados obtidos permitiram a caracterização dos perfis de solo estudados, com enquadramento no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2006).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Descrições morfológicas dos perfis

As características morfológicas dos perfis descritos são apresentadas no quadro 4 e complementadas no anexo 1. Algumas observações sobre cada perfil estudados são feitas a seguir.

Perfil 1

Ocorre em área de relevo plano (planície de arroio) sob material de origem basalto, a profundidade ultrapassa os 100 cm, tendo o horizonte diagnóstico superficial cerca de 40 cm, comparados com o horizonte subsuperficial com 45 a 50 cm; a cor variou entre matiz 2,5YR a 5YR; a estrutura no horizonte superficial variou média a grandes blocos subangulares a moderada e média granular, no horizonte B de média a forte prismática a moderada forte subangular, apresentando transição gradual a plana no superficial e ondulada descontinua com cerosidade fraca no horizonte B; a consistência variou entre friável a firme (úmida) e pegajosa a muito pegajosa.

Perfil 2

O perfil 2 ocorre em relevo ondulado (terço superior da encosta) sob material de origem basalto, a profundidade foi menor que a do perfil 1, sendo que em 48 cm já foi encontrado o horizonte C; a cor variou entre matiz 4YR a 5YR; A estrutura variou de moderada e média subangular a média granular na superfície enquanto no horizonte B foi de moderada e média blocos subangulares e granular, com transição gradual plana no superficial e clara a ondulado com cerosidade forte a abundante no B; consistência em geral dura, firme e muito pegajosa.

Perfil 3

O perfil 3 ocorre em área de relevo plano (planície de arroio) sob material de origem basalto, a espessura do horizonte subsuperficial B, foi menor que o perfil 1, porém ultrapassou os 30 cm, tendo a profundidade abaixo de 60/62, a presença de horizontes C com processos de gleização, caracterizando-se como Cg1 e Cg2, devido à localização ser em uma planície

de curso de água (riacho); a cor variou entre matiz 5YR a 7,5YR; a estrutura variou de forte grande blocos subangulares a moderada e grande granular, com transição ondulada difusa a clara respectivamente; a consistência mostrou-se, em geral, friável a firme (úmida) e plástica e muito pegajosa (molhada).

Perfil 4

O perfil 4 ocorre em relevo ondulado (terço superior da encosta) sob material de origem basalto, o horizonte diagnóstico B incipiente, foi pouco espesso, com presença de horizontes C e Cr; A cor ficou com matiz entre 5 YR a 7,5 YR.

Quadro 4. Características morfológicas dos 5 perfis

<i>Hor</i>	<i>Cor úmida</i>	<i>Transição⁽¹⁾</i>	<i>Cerosidade⁽¹⁾</i>	<i>Estrutura⁽¹⁾</i>	<i>Consistência⁽¹⁾</i>	<i>Profundidade⁽¹⁾</i>
Perfil 1						
A	4YR 3/3	gr,pn	-	gra,m,g,bs	fri,pl,pe	0-17
AB	5YR 3/3	gr,pn	-	m,g,bs,p,gra	fri,pl,mpe	17-40
Bi	5YR 3/4	O	Fr	m,pr,m,bs	fri,mpl,pe	40-88/92
C	2,5YR 3/6	-	-	m,bs	fri,pl,pe	88/92-100+
Perfil 2						
A	5 YR 3/3	Gr,pn	-	m,bs,m,gra	fi,pl,pe	0 – 16
Bt	5 YR 3/3	Cl,o	fr,ab	m,bs,gra	fi,pl,mpe	16- 22/28
C	4 YR 4/4	-	-	g,pr,bs	fi,pl,mpe	22/28 – 72+
Perfil 3						
A	5YR 3/2	O	-	g,bs,m,g,gra	fi,pl,mpe	0-25/27
Bi	5YR 3/2	Cl	-	m,g,bs	mfi,mpl,mpe	25/27-60 /62
Cg1	7YR 5/2	Gr	po, fr	ma	Fi,mpl,mpe	60/62-78
Cg2	7YR 4/2	-	-	ma	Fi,mpl,mpe	78-95+
Perfil 4						
A1	7,5YR 3/2	Pn	-	m,gra	mfi,pl,pe	0-18
A2	7,5 YR 3/2	gr,o	-	m,gra,g,bs	fi,pl,pe	18-33/35
Bi	5YR 3/3	o, cl	po, fr	m,gra,g,bs	fri, lpl,lpe	33/45-50
C	4,5YR 4/3	o, cl	-	ma	fri, lpl,lpe	45/50-70/74
CR	7,5 YR 4/3	-	-	ma	fri,lpe	70/74 -110+
Perfil 5						
A	5YR 4/3	Pn	-	gra,p	s	0-10
E	5YR 5/8	Pn	-	ma	s,lpl	10-45
B/E	5YR 4/6	Pn	-	ma	fi,lpl,lpe	45-100
Bt	5YR 4/6	-	-	m fr. bs	fi,lpl,lpe	100+

(¹) gr: gradual; pn: plana; cl: clara; o:ondulada; fr: fraca; ab: abundante; po;pouca; gra: granular; bs: blocos subangulares; pr: prismática; ma: maciça; m: média; g:grande; fri: friável; mfri: muito friável; pl: plástica; mpl:muito plástica; lpl: ligeiramente plástica; pe: pegajosa; mpe: muito pegajosa: lpe: ligeiramente pegajosa; fi: firme; s: solta

A estrutura ficou entre forte média granular no horizonte A1 e moderada média granular a moderada grande blocos subangulares no A2, enquanto no

subsuperficial Bi, ficou de moderada média granular a moderada média/ grande blocos subangulares, com transição ondulada clara e presença de cerosidade pouca a fraca; a consistência variou entre friável e firme(úmida) e plástica e pegajosa (úmida).

Perfil 5

O perfil 5 ocorre em relevo ondulado (terço superior da encosta) sob material de origem arenito. Caracterizou-se pela pequena profundidade do horizonte superficial A moderado, com predominância de cor com matiz 5YR, tendo a partir de 100 cm de profundidade a presença do horizonte Bt, devido a mudança textural, sendo que em geral perfis em relevo mais declivosos apresentam horizontes B menos espesso; em relação à estrutura dos horizontes, apenas o horizonte A apresentou estrutura granular pequena e fraca, sendo nos demais maciça com transição plana, e no horizonte B, fraca moderada blocos subangulares; a consistência variou entre solta a firme (seca e úmida) no horizonte superficial a ligeiramente plástica a plástica e não pegajosa a pegajosa (molhada).

4.3.2. Caracterização física.

No quadro 5, está apresentada a distribuição granulométrica dos perfis estudados.

Conforme os dados do quadro 5, o conteúdo de argila do solo do perfil 1, apresentou aumento com a profundidade, comportando-se de forma homogênea nos horizontes superficiais, ocorrendo um incremento no horizonte B o qual não foi suficiente para caracterizar a presença de um horizonte subsuperficial textural, (relação B/A inferior a 1,5), associado ao pouco desenvolvimento de cerosidade, impedindo o enquadramento como B textural ou nítico, caracterizando um B incipiente. Também chama a atenção o elevado teor de silte nos primeiros horizontes, que pode ser utilizado como índice de intemperismo em solos tropicais, ou seja, quanto mais elevado for o teor dessa fração menos evoluído deve ser o solo. O perfil 1 assim como o 3, foi classificado como argila na classe textural, porém não apresentaram gradiente

textural em profundidade, caracterizando-se em ambos a presença do horizonte diagnóstico subsuperficial B incipiente.

Quadro 5. Composição granulométrica, argila dispersa em água, grau de floculação, e classe textural de solo dos perfis.

Perfil	Hor	Granulometria(%)				ADA ¹	GF ² (%)	Classe Textural
		Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
1	A	7	9	40	44	12	71	Argila
	AB	4	13	43	40	11	71	Argila
	Bi	17	11	16	56	12	72	Argila
	C	12	21	25	42	6	84	Argila
2	A	8	21	31	35	7	80	Franco argilosa
	Bt	5	3	22	70	11	84	Muito argilosa
	C	20	8	14	53	8	84	Argila
3	A	11	20	27	42	11	72	Argila
	Bi	13	16	25	46	7	83	Argila
	Cg1	20	15	23	42	5	87	Argila
	Cg2	27	7	28	38	6	83	Argila
4	A1	11	9	38	42	6	84	Argila
	A2	12	12	38	38	7	80	Franco argilosa
	Bi	19	14	33	34	2	92	Franco argilosa
	C	36	14	30	20	7	62	Franco argilo arenosa
	CR	61	8	27	5	2	60	Franco arenosa
5	A	45	40	6	14	1	89	Areia
	E	55	33	6	6	2	59	Areia
	BE	48	38	5	10	2	75	Areia
	Bt	32	49	4	18	4	75	Areia franca

ADA¹-argila dispersa em água GF²-grau de floculação

No perfil 2, a classe textural muito argilosa no horizonte 2 e a relação B/A se aproximadamente 2,0 foram suficientes para caracterizar um B textural.

No perfil 4 a classe textural franco argilosa a arenosa, caracteriza um horizonte subsuperficial B incipiente, pois não satisfaz os critérios para um B textural ou nítico. Destaca-se ainda a pequena profundidade do horizonte B, podendo-se inferir, pela posição do relevo, ter-se uma área de transição para solos de sequência de horizontes A-C No perfil 5 a classe textural areia com predominância dessa fração em mais de 90 % da composição caracteriza a grande diferença aos perfis anteriores, relacionada ao material de origem. A descrição morfológica a campo indicava características de um Neossolo, para o perfil 5, porém a caracterização física quanto ao conteúdo de argila, mostrou

haver mudança textural, suficiente para que se possa inferir a ocorrência de um processo expressivo de lessivagem, caracterizando um Argissolo.

Quanto a ADA, percebe-se que os valores mais elevados encontram-se no perfil 1, porém podem ser considerados baixos em todos os perfis estudados, indicando que pouca argila está sujeita a migração do perfil e entupimento dos poros. O elevado teor de ADA pode acarretar a iluviação da argila para as camadas inferiores, levando ao encrostamento superficial e o adensamento subsuperficial do solo. Segundo Hamblin, (1985), o processo de desagregação do solo pode causar impedimento ao crescimento das raízes das plantas e ao movimento da água no perfil do solo, limitando, assim, a produtividade das culturas. Os menores valores encontrados parecem estar associados à maior concentração de alumínio trocável no perfil 5, favorecendo a estabilidade da ligação partícula-partícula. O processo de dispersão e floculação de argilas é regulado pela dinâmica da dupla camada difusa, que sofre maior redução em sua espessura, tendendo a flocular os colóides na presença de íon trivalente. Por outro lado, um maior teor de matéria orgânica no solo pode ter contribuído para a estabilidade da ligação partícula-partícula, na qual provavelmente a matéria orgânica estaria agindo como agregante, que segundo Oades, (1988), o fenômeno da dispersão-floculação é influenciado pela matéria orgânica do solo a qual afeta o desenvolvimento da estrutura e relaciona-se com o balanço das cargas elétricas do solo (Gomes et al., 1994).

4.3.3. Caracterizações Químicas de solos dos perfis

Os perfis 1, 2, 3 e 4 dos solos caracterizam-se pelo elevado conteúdo de cátions trocáveis enquanto o perfil 5 apresenta valores bem mais baixos para estes atributos (quadro 6).

Os valores de pH distribuíram-se irregularmente entre estes perfis, variando de 4.8 a 7.9 (fortemente ácido a moderadamente alcalino) com uma pequena tendência de aumento em profundidade. A maior acidez no perfil 5 deve-se à menor saturação de bases e alumínio trocável mais presente no complexo de troca.

Todos os solos apresentam valores de ΔpH ($\text{pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O}$), negativos. Além disso os perfis 3 e 4 apresentam em alguns horizontes subsuperficiais valores de pH maiores que 7,0.

Quadro 6 . Características químicas dos perfis.

Hor	pH		C org	V	N	M	P	K	Al	Al+H	CTC	A.A.
	H ₂ O	KCl	g/Kg	-----%	-----Mg/dm ³ ---	-----cmolc/dm ³ -----						
Perfil 1												
A	5.5	4.5	17.2	82	0.17	0	4.3	211.0	0	A4.9	28.2	64
AB	6.0	4.7	13.9	87	0.14	0	2.5	2.4	0	3.5	26.8	67
B	5.5	4.5	23.7	74	0.17	0	5.7	4.1	0	6.2	24.2	43
C	6.3	4.9	14.5	91	0.17	0	2.6	2.5	0	2.8	30.5	73
Perfil 2												
A	5.8	4.6	15.6	85.0	0.15	0	2.7	146	0	4.4	29.7	85
Bt	5.7	4.5	15.6	82.0	0.15	0	1.4	42	0	4.9	28.0	40
C	5.6	4.1	12.1	79.0	0.10	0	2.1	48	0	6.2	29.7	56
Perfil 3												
A	5.6	4.6	19.7	83.0	0.16	0	5.3	361	0	5.5	33.6	80
B	5.8	4.7	18.5	86.0	0.15	0	8.0	188	0	4.4	32.3	70
Cg1	7.9	5.9	2.3	98.0	0.10	0	6.1	131	0	1.0	42.8	102
Cg2	7.8	6.3	1.7	98.0	0.10	0	3.8	140	0	1.0	45.5	120
Perfil 4												
A1	6.2	4.8	27.8	88.0	0.24	0	2.9	74.0	0	3.9	33.8	80
A2	6.1	4.4	17.9	90.0	0.13	0	1.8	52.0	0	3.9	39.1	103
Bi	6.3	4.5	9.8	92.0	0.70	0	2.3	50.0	0	2.8	36.0	106
C	6.6	4.6	4.6	95.0	0.03	0	5.6	48.0	0	2.0	39.7	199
CR	7.0	4.6	1.1	96.0	0.02	0	25.0	29.0	0	1.2	32.6	652
Perfil 5												
A	5.1	4.1	5.8	64.0	0.04	8.2	3.4	32	0.4	2.5	7	50
E	5.5	4.0	0.5	75.0	0.01	0	4.1	32	0	1.6	6.2	103
B/E	5.1	3.7	0.5	61.0	0.01	26.7	3.3	33	1.6	2.8	7.1	71
Bt	4.8	3.6	1.1	46.0	0,17	30	2.6	36	1.8	4.9	9.1	51

N: nitrogênio; CTC: capacidade de troca catiônica; V% saturação por bases; M: saturação por alumínio; A.A.: atividade de argila.

Valores nesta magnitude podem provocar efeito negativo, inibindo a disponibilidade dos micronutrientes, como: boro, zinco, cobre, ferro e manganês (Miller e Donahue, 1990), e possivelmente, fósforo pela formação de compostos de cálcio de baixa solubilidade (Ryan et al., 1985; Raji, 1991; Novais e Smyth, 1999).

Os teores de carbono orgânico foram relativamente altos nos perfis, distribuindo-se irregularmente no perfil, diminuindo com a profundidade. Destacam-se os menores teores no perfil 5, em virtude de sua textura arenosa ao contrario dos outros perfis.

O nitrogênio no perfil 1 manteve-se quase que homogêneo nos horizontes e nos perfis 2, 3 e 4 sua concentração diminuiu com a profundidade, já nos perfil 5 ocorreu maior concentração no horizonte de maior profundidade,

sendo que não é normal uma concentração subsuperficial com essa diferença em relação aos horizontes superficiais, até mesmo pelo maior acúmulo de matéria orgânica na superfície

A relação molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (denominada relação Ki) tem sido usada como índice químico de intemperismo ligado a composição mineral. É o índice de intemperismo do solo, calculado pela relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \times 1,7$. Quanto menor o valor significa que o solo é mais intemperizado. Portanto, o índice ki mede o grau de decomposição da fração argila presente no solo. Por exemplo, na sequência de intemperismo os valores de ki são mais altos para a montmorilonita (argila do tipo 2:1), mais baixos para a caulinita (argila do tipo 1:1), e bem mais baixos para gibbsita (óxidos de alumínio). Conforme se observa no quadro 7, todos os valores de Ki apresentaram-se altos.

Quadro 7. Constituição elementar para TFSA nos perfis estudados.

Horizontes	TiO ₂	MnO ₂	FeO ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Ki	Kr	
	%							
1	A	9.06	0.36	11.67	10.81	24.1	3.87	2.52
	AB	10.06	0.37	13.8	12.60	23.4	3.56	2.36
	B	7.01	0.24	12.37	12.35	24.82	3.42	2.51
	C	6.43	0.16	10.49	9.92	25.8	4.42	3.13
2	A	8.17	0.29	10.43	10.43	21.1	3.50	2.37
	Bt	9.17	0.29	13.73	14.63	22.25	2.58	1.85
	C	5.47	0.04	13.75	12.72	30.52	4.08	3.20
3	A	5.46	0.17	6.54	7.52	21.98	4.97	3.4
	B	5.11	0.17	7.16	7.52	21.1	4.77	3.33
	Cg1	3.56	0.20	5.74	6.37	24.53	6.55	4.83
	Cg2	3.75	0.09	6.39	6.79	22.01	5.52	4.08
4	A1	5.80	0.20	9.75	10.53	26.01	4.20	3.11
	A2	5.05	0.16	9.41	10.04	27.3	4.62	3.50
	Bi	3.32	0.11	8.36	9.79	26.78	4.65	3.82
	C	2.86	0.08	8.20	8.95	23.06	4.38	3.64
	CR	2.38	0.07	6.52	7.05	19.99	4.82	3.97
5	A	0.47	0.01	1.26	1.83	5.69	5.29	4.55
	E	0.51	0.01	2.09	2.31	6.57	4.85	4.25
	B/E	0.67	0.01	2.13	2.56	6.91	4.60	3.94
	Bt	0.63	0.02	1.95	2.71	8.08	5.08	4.42

Este dado indica menor intemperismo, coerente com os altos valores de atividade de argila observados. Estas características vão de encontro à

distribuição dos solos normalmente relatadas em levantamentos e compilações realizados nesta região (BRASIL, 1973; Streck et al., 2008)

4.3.4 Dissoluções seletivas do ferro.

O quadro 6 permite observar os resultados das extrações de ferro para todos os horizontes dos perfis. A quantidade de óxidos de ferro no solo depende diretamente do material de origem e do grau de intemperismo dos minerais. Desta forma, solos derivados de rochas básicas altamente intemperizados possuem altos teores de óxidos ferro, encontrando-se principalmente na forma de hematita (Singh; Gilkes, 1992).

Normalmente tais óxidos determinam a cor e influenciam a estrutura e reações de troca iônica dos solos. Em adição a seus efeitos nas propriedades físico-químicas dos solos, os óxidos de ferro e alumínio são indicadores de ambientes pedogenéticos (Fitzpatrick; Schwertmann, 1982; Schwertmann, 1985).

Quadro 8. Resultados analíticos dos teores de ferro solúveis em ditionito - citrato de sódio (2 extrações sucessivas) e em oxalato de amônio e ferro total dos perfis.

Perfil	Hor.	Fe _d - extrações			Fe _o	Fe _t	Fe _o / Fe _d	Fe _d / Fe _t
		1 ^a	2 ^a	Total				
1	A	4.18	2.17	6.34	0.35	11.67	0.05	0.54
	AB	3.88	2.15	6.04	0.34	13.8	0.05	0.44
	B	3.35	3.26	6.60	0.20	12.37	0.03	0.53
	C	3.10	2.29	5.39	0.39	10.49	0.07	0.51
2	A	2.21	2.50	4.71	0.39	10.43	0.08	0.45
	Bt	3.99	1.10	5.09	0.21	13.73	0.04	0.37
	C	2.20	2.47	4.67	0.14	13.75	0.02	0.34
3	A	2.15	0.89	3.04	0.38	6.54	0.10	0.46
	B	0.41	0.52	0.93	0.06	7.16	0.06	0.12
	Cg1	0.68	1.04	1.72	0.06	5.74	0.03	0.29
	Cg2	0.70	1.03	1.74	0.07	6.39	0.04	0.27
4	A1	2.29	1.22	3.52	0.30	9.75	0.08	0.36
	A2	1.35	0.59	1.94	0.22	9.41	0.11	0.21
	Bi	1.48	0.65	2.13	0.17	8.36	0.07	0.25
	C	1.27	0.92	2.19	0.11	8.20	0.05	0.27
	CR	0.51	0.51	1.02	0.07	6.65	0.06	0.15

Fe_o - Ferro oxalato; Fe_d - Ferro Ditionito; Ft- Ferro total

Os teores de ferro solúvel na extração seqüencial cumulativa por ditionito citrato variaram entre 0.02% a 6.34%. Com exceção dos Latossolos todos demais solos possuem formas facilmente extraíveis, não ultrapassando a 2º ou 3º extração (Schaefer, 1991), de forma que no perfil 5 houve apenas a necessidade de uma extração, porém esse perfil não tem a dissolução seletiva apresentada, pois o ferro do ataque sulfúrico foi muito baixo. Todos os perfis comportaram-se de forma semelhante com tendência de redução com a profundidade, porém não continua.

A relação Feo/Fed expressa mais ainda o grau de evolução dos solos, relacionando-se com suas características e as condições do ambiente, fornecendo um “índice de cristalinidade”.

A relação Feo/Fed foi baixa, com presença de ferro pouco cristalino devido ao avanço de evolução dos solos. Provavelmente o hidromorfismo do perfil 3 não é tão acentuado, pois não eram esperados valores muito baixos de Feo/Fed para esse perfil. De acordo com Kämpf et al. (1995) e Alleoni & Camargo (1995), quanto maiores os valores dessa relação, menor o grau de cristalinidade dos compostos de ferro e, portanto, menos evoluído é o solo, pois essa relação exprime a evolução do elemento no solo e evidencia, entre outros fatores, o grau de seu intemperismo. Os maiores valores superficiais relacionam-se ao efeito inibitório da matéria orgânica na cristalinidade dos óxidos de ferro, por meio da forte adsorção de íons orgânicos por óxidos de Fe pouco cristalinos (Schwertmann, 1966).

Os valores para a relação Fed/Fet, por sua vez, apresentaram-se relativamente maiores para o perfil 1, provavelmente em função da posição de ocorrência, recebendo materiais coluviais previamente trabalhados. Os menores valores para os horizontes C, nos perfis 2 e 4, evidenciam menores graus de intemperismo.

4.3.5. Classificação dos perfis

A quadro abaixo apresenta a classificação dos perfis segundo o sistema brasileiro de classificação.

Quadro 9. Classificação dos perfis segundo o sistema Brasileiro de Classificação

Perfis	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006)
1	Chernossolo Háplico órtico típico
2	Luvissolo Háplico órtico típico
3	Chernossolo Háplico órtico típico
4	Chernossolo Háplico órtico típico
5	Argissolo Vermelho-amarelo Ta distrófico típico

Dos cinco perfis estudados, três satisfizeram aos requisitos para classificação como Chernossolo Háplico órtico típico, no sistema brasileiro de classificação, sendo os outros classificados como Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico, Luvissolo Háplico órtico típico e Argissolo Vermelho distrófico típico.

Verificou-se que os horizontes superficiais enquadram-se em A moderado para os perfis 2 e 5, enquanto o A chernozêmico ficou caracterizados para os perfis 1, 3 e 4.. Estes resultados mostram a influência da posição no relevo, principalmente a declividade, associada a alguns processos de perda de solo, como provavelmente ocorreu no perfil 2.

Os horizontes subsuperficiais, por outro lado, foram B incipiente para o 1, 3 e 4, e B textural para o 2 e 5.

4.4. CONCLUSÕES

A distribuição dos solos concorda com os levantamentos anteriores e principais unidades de mapeamento segundo BRASIL (1973) e STRECK et al. (2002).

Quanto a o material de origem, os solos dos perfis 1, 2, 3, 4 são derivados de rochas eruptivas básicas(basalto), apresentando características químicas de elevada fertilidade natural, como a elevada saturação de bases e CTC, sendo o perfil 5 derivado de arenito como material de origem, o qual influencia em suas características químicas e físicas típicas de um solo jovem.

A relação solo-paisagem mostra que os perfis de relevo mais plano foram classificados como Chernossolos (P1, P3) e os perfis de encosta mais

ondulada foram classificados como Luvisolos (P2), Chernossolo (P4) e argissolo (P5).

5. CONCLUSÃO GERAL

O conjunto de indicadores de qualidade do solo avaliados foi sensível, em sua maioria, aos diferentes usos, para o sistema de produção adotado, assim como as características avaliadas nos perfis foram ao encontro a levantamentos anteriores da região em estudo.

Dentre os indicadores avaliados, algumas inferências puderam ser feitas sobre a influência do histórico do uso e manejo dos solos, como por exemplo os processos de compactação superficial, no campo nativo; e o aumento da condutividade elétrica, possivelmente associada a adubação excessiva, nas hortas.

Em outros trabalhos o número de perfis representativos poderiam se aumentados e distribuídos por uma área maior de forma a melhorar a representatividade dos solos da região.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biology & Biochemistry*, v.21, n.4, p.471- 479, 1989.

ABBOT, J. ; GUIJT, I. **Novas visões sobre mudança ambiental: abordagens participativas de monitoramento.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1999. 96 p.

ALENCAR, EDGAR; MOURA FILHO, JOVINO AMÂNCIO. Caracterização sócio-econômica de unidades de produção no campo. Lavras: COOPESAL, 1998.27 p.apostila.

ALLEONI, L.R.F. & CAMARGO, O.A. Óxidos de ferro e de alumínio e mineralogia da fração argila desferrificada de Latossolos ácricos. *Sci. Agric.*, 52:416-421, 1995.

ALBUQUERQUE, J.A. et al. Efeito da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas v.25, n.3, p.717-723, 2001.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115- 119, jan./abr. 1995.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Características físicas e químicas e biomassa microbiana de um planossolo reflorestado com leguminosas arbóreas. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...** Campinas: SBCS, 1996. 1 CD-ROM. Comissão 10. Trabalho n.23.

ARAUJO, A.M.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 28:337-345, 2004.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos.** Porto Alegre, 1996. 241 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BASHER, L.R. Is pedology dead and buried? **Aust. J. Soil Res.**, 35: 979-994, 1997.

BANDICK, A.K. & DICK, R.P. Field management effects on soil enzymes activities. *Soil Biol. Biochem.*, 31:1471-1479, 1999.

BASSANI, H. J. **Propriedades físicas do solo e produtividade de milho induzida pelo plantio direto e convencional em área pastejada e não pastejada**. 1996, 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.

BEAUDOUX, E. et al. **De la intensificación a la evaluación. Guia Metodológica de apoyo a proyectos y acciones para el desarrollo**. La Paz. Bolívia: Huellas, 1993. 197 p.

BELTRAME, L.F.S & TAYLOR, P.L. **Causas e efeitos da compactação do solo**. *Lav. Arroz*, 33: 59-62, 1980.

BENDING, G. D.; TURNER, M. K.; JONES, J. E. Interactions between crop residue and soil organic matter quality and the functional diversity of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 34, n. 9, p. 1073-1082, 2002.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. & TEDESCO, M. J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas**. Editora e Gráfica Metrópole. Porto Alegre (RS), 2008. p. 189-199.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedade do solos**. 7 ed. Rio de Janeiro. Freitas Bastos. 1989. 893p.

BRASIL. Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Sul. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária – Ministério da Agricultura. Recife, 1973.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul**. Recife: DNPEA-MA, 1973. 431p. (Boletim Técnico N° 30)

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 19, p. 269-279, 1995.

BURKE, I. C.; ELLIOT, E. T.; COLE, C. V. Influence of macroclimate, landscape position, and management on soil organic matter in agroecosystems. *Ecological Applications*, Washington, v. 5, n. 1, p. 124-131, 1995.

BURNS, R. G. Enzyme activity in soil: location and a possible role in microbial ecology. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 14, n. 5, p. 423-427, 1982.
CORNELISSEN, J. H. C.; THOMPSON, K. Functional leaf attributes predict litter decomposition rate in herbaceous plants. *New Phytologist*, Cambridge, v. 135, n. 1, p. 109-114, 1997.

BRENBROOK, CM; GROUTH III, E. Indicators of the sustainability and impacts of pest management systems, 1996. Disponível em: <http://www.pmac.net/aaas.htm> (Acesso em 28/08/01)

CAMBARDELLA, C.C. & ELLIOTT, E.T., Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, 56:777-783, 1992.

CAMINO, R. ; MÜLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores**. San José: IICA, 1993. 134 p. (Série Documentos de programas IICA, 38)

CAMPOS, D.C. Influência da mudança do uso da terra sobre a matéria orgânica no município de São Pedro-SP. Piracicaba, 1998. 83p. Dissertação (mestrado)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CAMPONEZ DO BRASIL, R.P. **Influência das técnicas de coleta de amostras na determinação das propriedades físicas do solo**. Piracicaba, SP – Esalq-, 2000, 102p. (Dissertação de mestrado).

CARMO, M. S; SALLES, J. T. A.O. Sistemas Familiares de produção agrícola e desenvolvimento sustentado. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 3., Florianópolis, SC.Anais... Florianópolis:SBSP, 1998. 1CD-ROM.

CECONI, D. E; LOVATO, T; POLETTO, I; ELTZ, F. L. F. Fertilidade do solo em sistema de produção familiar agroecológico. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 2006, Passo Fundo. Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

CLINE, M.G. Basic principles of soil classification. **Soil Sci.**, 67: 81-91. 1949.

CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B.P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.9, n.1, p.1-4, 1985.

CLINE, M. G. Basic principles of soil classification. **Soil Science**, v. 67, p. 81-91, 1949.

CHAN, K.Y. Consequences of changes in particulate organic carbon in vertisols under pasture and cropping. **Soil Sci Soc Am J**, v.61, p.1376-1382, 1997.

CHRISTENSEN, B.T. Matching measurable soil organic matter fraction conceptual pools simulation models of carbon turnover: revision of model structure. In: Powlson, D. S.; Smith, P.; Smith, J. U. (eds). **Evaluation of soil organic matter models: using long-term experiment datasets**. Springer, New York, 1996, p.143-159.

CORSINI, P. C. Modificações de características físico-hídricas em perfis de série Jaboticabal e Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intensivo. Científico, Jaboticabal, v.2, n.2, p.49-161, 1974. mês 03.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de

manejo na Região do Cerrado do Sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.913-923, 2002.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.de A.; CAMARGO, F.A.de O. (Eds.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.389-412.

De BIE, C.A.; BEEK, K.J.; DRIESSEN, P.M. & ZINCK, J.A. Em direção a operacionalização das informações dos solos para um manejo sustentável das terras. IN: ALVAREZ, V.V. H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. (Eds) **O solo nos grandes domínios morfo-climáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, SBCS/UFV/DPS, 1996. p. 335-352.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special publication, 35).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 1ª ed., Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.W.; JORDAN, C.; SZOTT, L. VANCE, E. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds.). Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu: University of Hawaii Press, 1989. p.33-67.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro-RJ, EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos, CNPS, 1997. 212p.

FAO/INCRA Novo retrato da agricultura familiar. O Brasil redescoberto. Projeto de Cooperação Técnica. Brasília, Fevereiro 2000. 74p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World Reference Base for Soil Resources 2006: a framework for international classification, correlation and communication**. Rome: FAO, 2006. 145p. (World Soil Resources Reports 103).

FELLER, C. & BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, 79:69-116, 1997.

FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 91- 996, 1999.

FITZPATRICK, R.W.; SCHWERTMANN, U. Al- substituted goethite – an indicador of pedogenic and other Weathering enviroments in South África. *Geoderma*, Amsterdam, v.27;p 335, 1982.

FRANLUEBBERS, A.J; ARSHAD, M.A. Particulate organic carbon content and potential mineralization as affected by tillage and texture. *Soil Science Society America Journal*, Madison, V.61, p. 1382-1386, 1997.

FRIGHETTO, R.T.S. Análise da biomassa microbiana em carbono: método de fumigação extração. In: FRIGHETTO, R.T.S., VALARINI, P.J. (Coords). Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.157-166. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21).

GODOI, L. C. L. **Propriedades microbiológicas de solos em áreas degradadas e recuperadas na região dos cerrados goianos**. 2001. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

GOMES, P. C.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L. M.; FORTES, M. P. F. Influência da cobertura vegetal na formação e evolução de húmus e sua relação com grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 41, n. 235, p. 223-233, 1994.

GOLCHIN, A.J.M.; OADES, P. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid-state C-13 CP/ MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. *Aust. J. Soil Res.* 32:285–309, 1994.

GONÇALVES, A.S.; MONTEIRO, M.T.; GUERRA, J.G.M.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana em amostras secadas ao ar e reumedecidas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.5, p.651-658, 2002.

GREGORICH, E.G., JANZEN, H.H., 1996. Storage of soil carbon in the light fraction and macro organic matter. In: Carter, M.R., Stewart, B.A. (Eds.), *Advances in Soil Science. Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 167–190.

GRISI, B.M. Participação da microbiota na ciclagem de nutrientes. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996. Águas de Lindóia. Anais.... Campinas: ESALQ / SLCS / SBCS, 1996. CD-ROM. HAMBLIN, A. P. The influence of soil structure on water movement, crop rot growth and water uptake. *Advances in Agronomy*, San Diego, v. 38, p. 95-158, 1985.

HILLEL, D. **Introduction to environmental Soil Physics**. Massachusetts: Elsevier Academic Press, 2004. 494p.

HOLZ, M. **Do mar ao deserto**: a evolução do Rio Grande do Sul no tempo geológico. Porto Alegre: UFRGS, 1999. 142 p.

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. de S.; COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L.; SANTOS, J. C. F. dos. Ecologia microbiana em solos sob cultivo na região sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 3; REUNIÃO DE LABORATORIOS PARA RECOMENDAÇÃO DE ESTIRPES

DE RHIZOBIUM E BRADYRHIZOBIUM, 6., 1994, Londrina. **Microbiologia do solo: desafios para o século XXI: anais**. Londrina: IAPAR: EMBRAPA-CNPSo, 1995. p. 234–270.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário, 1995-1996. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.

JACOBSEN, Luiz Ataídes. Panorama do Conselho de Desenvolvimento da Região do Médio Alto Uruguai. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2002. 44p.

JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A.; LAFOND, G.P.; TOWNLEY-SMITH, L. Light fraction in soils from long-term crop rotations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 1799–1806, 1992.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil. Measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.). *Soil biochemistry*. New York : Dekker, 1981. p.415-471.

KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P.; MELLO, P. F. Alteração mineralógica em seqüência Vertissolo-Litossolo na Região da Campanha no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 349-357, 1995.

KÄMPF, N.; REZENDE, M.; CURI, N. Iron oxides in Brazilian Oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., Rio de Janeiro, 1986. Proceedings. Rio de Janeiro: EMBRAPA/ SNLCS, 1988. p.71-7.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 61, p. 4-10, 1997.

KELLOGG, C. E. Why a new system of soil classification? **Soil Science**, v. 69, n. 1, p. 1 - 5. 1963.

KIEFT, T. L. Grazing and plant-canopy effects on semiarid soil microbial biomass and respiration. **Biology and fertility of soils**, Berlin, v. 18, n. 2, p. 155-162, 1994.

KLAMT, E. Morfologia, gênese e classificação de alguns solos do município de Ibirubá e regiões onde ocorrem. Tese de Mestrado. Porto Alegre, Departamento de Solos da UFRGS, 1969. 94p.

KLEIN, V. A.; LIBORD, L.P. **Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo**. R. Bras. Ci. SoloViçosa (MG), V.26, N.4. P.857-867, 2002.

KLEMEDTSSON, L.; BERG, P.; CLARHOLM, M.; SCHNURER, L. Microbial nitrogen transformation in the root environment of bailey. *Soil Biology & Biochemistry*, Elmsford, v.19, p.551-558, 1987.

KORMÍLIUS, E. Abertura. In: RECUPERAÇÃO E MANEJO DE ÁREAS DEGRADADAS NO CONTEXTO DA EMBRAPA E DO SNPA, 1997, Campinas. **Memória do workshop**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998. p. 11. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 13).

LAMARCHE, H, Agricultura Familiar. Campinas: UNICAMP,1993. P.13-34.

LAL, R. **Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 97 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 3). Impacto Ambiental de Tecnologias... 29

LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F.; COLE, C. V. **The potential of U. S. cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect**. Chesea: Ann Arbor Press, 1998. 128 p.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable anagement. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p. 37-51.

LEAL, M.A.A.; DE-POLLI, H. Aplicação de modelos ao estudo da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Eds.). **Fundamentos da Matéria Orgânica**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.245-263.

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991. 175 p.

LOVELL, R. D.; JARVIS, S. C.; BARDGETT, R. D. Soil microbial biomass and activity in long-term grassland: effects of management changes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, n. 7, p. 969-975, 1995.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. 1999. 212 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Faculdade de Agronomia, Programa de Pós -Graduação em Fitotecnia, UFRGS, Porto Alegre.

MARCHIORI, J.M.; MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, n.2, p.257-263, 1999.

MARCHIORI J, M. Carbono, nitrogênio e biomassa microbiana e atividade enzimática num solo sob mata natural ou cultivado com pastagem ou algodoeiro. Jaboticabal : UNESP-FCAV, 1998. 70p. Dissertação de Mestrado.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.3, p.425-433, 2003.

MELERO, S.; PORRAS, J. C. R.; HERENCIA, J. F.; MADEJON, E. 2005. Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management. **Soil and Tillage Research**, Londres, v. 90, p. 162-170, 2005.

MELO, I. S. ; AZEVEDO, J. L. de. (Ed.). **Microbiologia ambiental**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. 438 p. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 11).

MELO, V. F. et al. Reserva mineral e caracterização mineralógica de alguns solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p. 159-164, 1995.

MEDINA, H. P. Constituição física. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1972.p.11-20.

MENDES, I.C. Impactos de sistemas agropecuários na atividade enzimática e biomassa microbiana dos solos de Cerrado. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA / MERCOSOJA 2002, 2., Foz do Iguaçu, 2002. Anais. Londrina, Embrapa Soja, 2002. p.246-257. (Embrapa Soja. Documentos, 180).

MENDES, I.C.; SOUZA, L.V.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho- Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.435-443, 2003.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.1-8.

MILLER, R.W.; DONAHUE, R.L. Soils: an introduction to soils and plant growth. Englewood Cliffs, Printice Hall, 1990. 768p.

MITCHELL, G. **Problems and Fundamentals of Sustainable Development Indicators**[1997?].Disponíveem: <http://www.lec.leeds.ac.uk/people/gordon.html> (Acesso em 13/07/07).

MCKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Can. J. Soil Sci.** 46 :13 - 22, 1966.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA 2002. 625p.

MUZILLI, O. Recuperação e manejo de áreas de agricultura intensiva. In: RECUPERAÇÃO E MANEJO DE ÁREAS DEGRADADAS NO CONTEXTO DA EMBRAPA E DO SNPA, 1997, Campinas. **Memória do workshop**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998. p. 33-35. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 13).
NOVAIS, R.F; JOT SMYTH, T. **Fósforo em solo e planta em condições tropicias**. Viçosa, UFV, 1999. 399p.

OADES, J.M. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry*, Dordrecht, v.5, p. 35 – 70, 1988.

OLIVEIRA, J. B. **Classificação de solos e seu emprego agrícola e não agrícola**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29, Ribeirão Preto, SP, Anais... Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 17p. CD-ROM.

PARTON, W.J.; SCHIMEL, D.S., COLE, C.V.; OJIMA, D.S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.1173-1179, 1987.

PEDRON, F. de A. et al. Utilização do sistema de avaliação do potencial de uso urbano das terras no diagnóstico ambiental do município de Santa Maria - RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 02, p. 468-477, 2006.

PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica**. 2002. 135 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G.; McMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2004, v.39, p.567-573.

PRIMAVESI, A.M. **O manejo ecológico do solo**. São Paulo:Nobel, 1980. 541p.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 159-164, 1997.

QUEIROZ, S.B. Características e gênese de uma sequência de solos nas encostas do Nordeste do Rio Grande do Sul. Tese de Mestrado. Porto Alegre, Departamento de solos da UFRGS, 1980. 121p.

RACHWAL, M. F. G.; DEDECEK, R. A. Influência da aeração e da disponibilidade hídrica em Cambissolos e Latossolos com diferentes níveis de erosão sobre a produtividade e a qualidade da cultura da batata. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 485-491, set./dez. 1996.

RAGHAVAN, G.S.V.; MCKYES, E. & CHASSÊ, M. Effect of wheel slip on soil compaction. **J. Agric. Eng. Res.**, 22:79-83, 1977.

RAMALHO FILHO, A; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

RAMALHO FILHO, A; PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 36 p. (Embrapa Solos. Documentos; 1).

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres/Potafos. 1991. 343p.

REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo. Mac Graw Hill do Brasil. 1978. 119p.

RESENDE, M. et al. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicação**. Lavras: ed. UFLA, 2005. 192 p.

REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...** Campinas: SBCS, 1996. 1 CD-ROM. Comissão 10. Trabalho n.23.

RIBEIRO, C. M. Estudo de quatro municípios da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul e possíveis alternativas para o seu desenvolvimento. 1997. 141p. Dissertação.(Mestrado)-Universidade Federal de Lavras,1996.

RYAN, I.; CURTIN, D.; CHEEMA, M.A. Significance of iron oxides and calcium carbonate particle size in phosphate sorption by calcareous soils. **Soil Sci. Soc.Am. J.**, 49: 74-76. 1985.

RODRIGUES, E.F.G.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana de carbono de solos de Itaguaí (RJ): comparação entre os métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, n.3, p.427-432, 1994.

ROVIRA, A.D. Microbiology of pasture soil and some effects of microorganisms on pasture plants. In: WILSON, J.R. (Ed). *Plant relations in pastures*. Melbourne: CSIRO, 1978. p.95-110.

SANCHEZ, P.A.; PALM, C.A; BUOL, S.W. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. **Geoderma**, 114: 157-185, 2003.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: SBCS, 2005. 100 p.

SANTOS, V. B; CASTILHOS, D; CASTILHOS, R.M.V. et al. Biomassa. Atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **R. bras. Agrociência**, v.10, n. 3, p. 333-338, jul-set, 2004.

SCHAEFER, C.E.G.R. **Ambientes no nordeste de Roraima: solos, palinologia e implicações paleoclimáticas**. Viçosa, UFV, 1991. 108p. (Tese de Mestrado).

SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 138, n. 1/3, p. 335-356, 2000.

SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 151-164, 2000.

SCHWERTMANN, U. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystalization of amorphous ferric hydroxide. *Nature*, 212: 645- 646, 1966.

SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREJDA, J. J. Soil resilienc: a fundamental component of soil quality. *Soil Science*, Baltimore, v. 164, p. 224-234, 1999.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.8; p. 265-268, 1984.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. de S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 142 p.

SINGH, B.; GILKES, R. J. Weathering of a chromian muscovite to kaolinite. *Clays and Clay Minerals*, Clarkson, v. 39, n. 6, p. 571-579, 1992.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys**. Washington DC: U.S. Government Printing Office, 1975. (Agriculture Handbook n. 436).

STONE, L.F. & SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:395-401, 2001.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. Solos do Rio Grande do Sul. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2002.

TATE, R. L. Jr. **Soil organic matter: biological and ecological effects**. Melbourne, Florida: Krieger, 1992. 291 p. Impacto Ambiental de Tecnologias... 31 TAYLOR, J. P.; WILSON, B.; MILLS, M. S.; BURNS, R. G. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 34, n. 3, p. 387-401, 2002.

TAYLOR, J. P.; WILSON, M.; MILLS, S.; BURNS, R. G. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 34, p. 387-401, 2002.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p.

TEMPLER, P.; FINDLAY, S.; LOVETT, G. Soil microbial biomass and nitrogen transformations among five tree species of the Catskill Mountains, New York, USA. *Soil Biology & Biochemistry*, v.35, n.4, p.607- 613, 2003.

THENG, B.K.G.; TATE, K.R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: *DYNAMICS of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu: University of Hawaii, 1989. Cap.1, p.5-32.

TOMÉ Jr., J. B. **Manual para Interpretação de análise de solo**. Editora Guaíba: Agropecuária, 1997.

TURNER, B.L.; BRISTOW, A.W.; HAYGARTH, P.M. Rapid estimation of microbial biomass in grassland soils by ultra-violet absorbance. *Soil Biology & Biochemistry*, v.33, n.7-8, p.913-919, 2001.

TURNER, F.; JUND, M. **Information form 1991 Rice Field**. Beaumont: Texas A&M University, 1992. 3 p.

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. Regiões Fisiográficas do Rio Grande do Sul. Disponível em www.coralx.ufsm.br/clima. Acesso em junho - 2005.

URQUIAGA, S.; DE-POLLI, H. Aspectos microbiológicos do solo. In: PUIGNAU, J. P.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; MOTTER, D. R.; WALL WARDLE, D. A.; GILLER, K. E. The quest for a contemporary ecological dimension to soil biology. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 28, n. 12, p. 1549-1554, 1996.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 7, p. 873-882, jul. 1995.

WARDLE, D. A.; GILLER, K. E. The quest for a contemporary ecological dimension to soil biology. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 28, n. 12, p. 1549-1554, 1996

WANG, W.J.; DALAL, R.C.; MOODY, P.W.; SMITH, C.J. Relationships of soil respiration to microbial biomass, substrate availability and clay content. *Soil Biology & Biochemistry*, v.35, n.2, p.273-284, 2003.

WILLIAMS, D. D.; BUGIN, A.; REIS, J. L. B. C. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**: técnicas de revegetação. Brasília: IBAMA, 1990. 96 p

7.APÊNDICE

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE PERFIS

PERFIL 1

Classificação(SiBCS, 2006):

Localização: Bom Princípio-Rs (Vale do Caí)

Situação e declive: planície aluvial, 0-3% de declividade

Formação Geológica: Serra Geral-Botucatu

Material originário: Basalto; sedimentos.

Pedregosidade e Rochosidade: ã apresenta

Relevo Local e Regional: Plano; ondulado a forte ondulado.

Erosão: ã aparente

Drenagem: boa

Vegetação Primária: mata secundária

Uso Atual: Lavoura

Clima: Cfa, segundo classificação de Köppen

Descrito e coletado por: Paulo César Nascimento, Marno Elisandro Losekann

Descrição Morfológica

- A - 0-17 cm, bruno avermelhado, (4YR 3/3, úmido); argilosa a muito argilosa; moderada média a grandes blocos subangulares e moderada média granular a; friável (úmida) e plástica e pegajosa (molhada); transição gradual a plana.
- AB - 17-40 cm, bruno avermelhado escuro, (5YR 3/3, úmido); muito argilosa; moderada, a forte média blocos subangulares e moderada pequena granular; friável (úmida); plástica a muito pegajosa (molhada); transição gradual plana.
- Bi - 40-88/92 cm, bruno avermelhado escuro, (5YR 3/4, úmida); muito argilosa; moderada média prismática, moderada média blocos subangular; cerosidade fraca; friável (úmida); pegajosa e muito plástica (molhada); transição ondulada descontínua.
- C - 88/92-100 cm +, vermelho escuro, (2,5YR 3/6, úmida); muito argilosa; moderada média blocos subangulares; friável (úmida); pegajosa e plástica (molhada).

PERFIL 2

Classificação(SiBCS, 2006):

Localização: Bom Princípio-Rs (Vale do Caí)

Situação e declive: terço superior de encosta, 12 a 15% de declividade.

Formação Geológica: Serra Geral-Botucatu

Material originário: Basalto; sedimentos

Pedregosidade e Rochosidade: ã apresenta
 Relevo Local e Regional: Plano; ondulado a forte ondulado
 Erosão: ã aparente
 Drenagem: boa
 Vegetação Primária: capoeira
 Uso Atual: Lavoura
 Clima: Cfa, segundo classificação de Köppen
 Descrito e coletado por: Paulo César Nascimento, Marno Elisandro Losekann

Descrição Morfológica

A - 0 – 16 cm, bruno avermelhado escuro, (5 YR 3/3); muito argilosa; moderada média subangular e moderada média granular; firme, plástica e pegajosa; transição gradual plana;

Bt - 16- 48 cm, bruno avermelhado escuro, (5 YR 3/3); argilosa; moderada média blocos subangulares e moderada média granular; cerosidade forte e abundante; dura, firme, plástica e muito pegajosa; transição clara a ondulado;

C - 48 – 92 + cm, bruno avermelhado, (4 YR 4/4); muito argilosa; forte grandes blocos prismática subangulares; firme, plástica e muito pegajosa; transição claro a ondulado;

PERFIL 3

Classificação(SiBCS, 2006):

Localização: Feliz-Rs (Vale do Caí)
 Situação e declive: planície aluvial, 0-2% de declividade
 Formação Geológica: Serra Geral-Botucatu
 Material originário: Basalto
 Pedregosidade e Rochosidade: ã apresenta
 Relevo Local e Regional: Plano; ondulado a forte ondulado
 Erosão: ã aparente
 Drenagem: moderada a boa
 Vegetação Primária: mata
 Uso Atual: mata subtropical subcaducifolia
 Clima: Cfa, segundo classificação de Köppen
 Descrito e coletado por: Paulo César Nascimento, Marno Elisandro Losekann

Descrição Morfológica

A – 0-25/27 cm, bruno avermelhado escuro (5YR 3/2); muito argilosa; forte grande blocos subangulares e moderada grande granular; firme, plástica e muito pegajosa; transição ondulada difusa.

B – 25/27-60 /62 cm, bruno avermelhado escuro (5YR 3/2);, muito argilosa; moderada grande blocos subangulares ; muito firme, muito pegajosa e plástica; transição clara.

Cg1 – 60/62-78 cm, bruno (7,5YR 5/2); argilosa muito; maciça; friável; muito plástica e pegajosa; transição gradual.

Cg2 – 78-95 cm+, bruno (7YR 4/2); mosqueado comum bruno (7YR 4/3); argilosa; maciça; friável; muito plástica e pegajosa; transição gradual.

PERFIL 4

Classificação(SiBCS, 2006):

Localização: Feliz-Rs (Vale do Caí)

Situação e declive: topo a terço superior de encosta, 3 a 5% de declividade,

Formação Geológica: Serra Geral-Botucatu

Material originário: Basalto;

Pedregosidade e Rochosidade: ã apresenta

Relevo Local e Regional: ondulado

Erosão: ã aparente

Drenagem: boa

Vegetação Primária: mata secundária

Uso Atual: mata

Clima: Cfa, segundo classificação de Köppen

Descrito e coletado por: Paulo César Nascimento, Marno Elisandro Losekann;

Paula Suélen Corrêa de Medeiros

Descrição Morfológica:

A1 – 0-18 cm, bruno escuro (7,5 YR 3/2); argilosa; forte média granular; muito firme(seco), plástica pegajosa(molhada); transição plano difuso.

A2 – 18-33/35 cm, bruno escuro (7,5YR 3/2); moderada média granular a moderado grande blocos subangulares; firme, plástica pegajosa(molhada); transição gradual ondulada.

Bi – 33/35-45/50 cm, bruno avermelhado escuro (5YR 3/3); franco argilosa; moderada média granular a moderada média a grande blocos subangulares cerosidade pouca a fraca; friável, ligeiramente plástico e pegajoso(molhada); transição ondulada clara.

C – 45/50-70/74 cm +, bruno avermelhado escuro (5YR 4/3); mosqueado grande abundante preto (10YR 2/1); franco; maciça; friável, ligeiramente plástico e pegajoso(molhada); transição ondulada clara.

CR – 70/74 – 110 cm +, bruno (7,5 YR 4/3), mosqueado grande abundante (10YR 2/1), preto; franco arenosa; maciça; friável; não plástica a ligeiramente pegajosa.

PERFIL 5

Classificação(SiBCS, 2006):

Localização: Feliz-Rs (Vale do Caí)

Situação e declive: terço inferior de encosta, 8 a 12% de declividade.
Formação Geológica: Serra Geral-Botucatu
Material originário: Arenito
Pedregosidade e Rochosidade: ã apresenta
Relevo Local e Regional: ondulado a forte ondulado
Erosão: ã aparente
Drenagem: boa
Vegetação Primária: mata secundária
Uso Atual: Pomar
Clima: Cfa, segundo classificação de Köppen
Descrito e coletado por: Marno Elisandro Losekann, Paula Suélen Corrêa de Medeiros

Descrição Morfológica:

A – 0-10 cm, bruno avermelhado (5YR 4/3) ; areia franca; fraca pequena granular; solta, não plástica, não pegajosa (molhada); transição plana;

E – 10-45 cm, vermelho amarelado (5YR 5/8); areia franco; maciça; solta(úmida), ligeiramente plástica e não pegajosa(molhada); transição plana;

BE – 45 – 100 cm, vermelho amarelado (5YR 4/6); areia; maciça; firme(úmida); ligeiramente plástico e pegajoso(molhada); transição plana;

Bt – 100 -120 cm +, vermelho amarelado (5YR 4/6); franco arenosa;fraca média blocos subangulares; firme (úmida); ligeiramente plástico e pegajoso(molhada);

