

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM SOLOS DE
DIFERENTES FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO
REBORDO DO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Fábio Pacheco Menezes

Santa Maria, RS, Brasil

2008

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM SOLOS DE DIFERENTES FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO REBORDO DO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL

por

Fábio Pacheco Menezes

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Processos Físicos e Morfogenéticos do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo.**

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Santa Maria, RS, Brasil

2008

M543s	<p>Menezes, Fábio Pacheco, 1980-</p> <p>Substâncias húmicas em solos de diferentes feições geomorfológicas no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul / por Fábio Pacheco Menezes ; orientador Ricardo Simão Diniz Dalmolin. – Santa Maria, 2008. 111 f.; il.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2008.</p> <p>1. Matéria orgânica 2. Ácido húmico 3. Ácido fúlvico 4. Humina 5. Quantificação de carbono 6. Uso da terra 7. Solos rasos 8. Pedologia I. Dalmolin, Ricardo Simão Diniz, orient. II. Título</p> <p>CDU: 631.4</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2008

Todos os direitos autorais reservados a Fábio Pacheco Menezes. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho será permitida somente com a citação autoral.

Endereço: Departamento de Solos, UFSM, Prédio 42, sala 3314, telefone: 32208108
CEP. 97105-900, Santa Maria, RS. E-mail: fpmbio@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM SOLOS DE
DIFERENTES FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO
REBORDO DO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por
Fábio Pacheco Menezes

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência do Solo

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Ricardo Simão Diniz Dalmolin, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Prof. Carlos Alberto Ceretta, Dr. (UFSM)

Prof^a. Ana Paula Moreira Rovedder, Dr^a. (UERGS)

Santa Maria, 16 de dezembro de 2008.

Dedico esta obra a meus pais: Josias Pereira Menezes e Maria Neusa Pacheco Menezes pelo seu amor, empenho e dedicação. Seus esforços são bandeiras para que através da educação se consiga a formação de pessoas capazes de atuar e modificar o nosso panorama político-social atual.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela possibilidade de realização do curso de Mestrado em uma instituição pública, gratuita e de qualidade.

À Capes e ao Departamento de Solos pelo apoio financeiro essencial na execução desta dissertação.

Ao Professor Dr. Ricardo Simão Diniz Dalmolin, pela valiosa orientação, ensinamentos e troca de saberes nesta caminhada, além da amizade e oportunidade de crescer intelectualmente e como cidadão crítico.

À Professora Dr^a. Deborah Pinheiro Dick, pelas contribuições para o aprimoramento deste trabalho, bem como pelas sugestões e críticas nas etapas de elaboração, execução e finalização desta pesquisa.

Aos Professores: Dr. Carlos Alberto Ceretta e Dr^a. Ana Paula Moreira Rovedder, membros da comissão examinadora, que aceitaram colaborar neste trabalho.

A todos os colegas de Pós-Graduação, em especial ao Alexandre ten Caten, Pablo Miguel, Gislaine Auzani, Carlos Silva, Jovani Zalamena, Sidinei Leandro Stürmer, Ricardo Steffen e Geresa Steffen pelo companheirismo em todos os momentos em que necessitei de suas ajudas.

Aos colegas do Laboratório de Pedologia do Departamento de Solos da UFSM: Gabriel Deobald, Jessé Fink, Franciele Weber, Jean Bueno, Simone Minusi, Alexandre ten Caten, Alessandro S. Rosa, André Dotto, Pablo Miguel, Juliana Lorensi Gonçalves, João Quos, Paula C. de Medeiros e Vanessa Bertolazi pela convivência, troca de idéias, discussão científica e amizade.

Aos Bolsistas de Iniciação Científica, em especial ao Jessé Fink, pelo convívio, amizade e auxílio nas atividades de campo e laboratório.

Ao Sr. Luiz Francisco Finamor pelo auxílio nas atividades de Espectroscopia de Absorção Atômica.

Ao Sr. Luiz Marchiotti Fernandes pelo auxílio e presteza nas correções bibliográficas e adequação desta obra as normas de estrutura e apresentação da Universidade Federal de Santa Maria.

Aos Professores e Técnicos Administrativos do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM) que por diversas vezes me incentivaram na execução deste trabalho.

Aos orientados da Prof^ª. Deborah Pinheiro Dick (Mauro, Mariana, Letícia, Carlo, Graciele e Rosane) que me auxiliaram no treinamento de fracionar quimicamente a matéria orgânica do solo.

À minha namorada Laila Spiazzi da Rocha, pelo carinho, amor e apoio em todas as etapas de minha formação profissional, sendo imprescindível sua ajuda e dedicação para efetivação desta jornada.

A todos os meus amigos e familiares, em especial à minha tia Eunice de Lima Pacheco por sua motivação e presteza em todos os momentos que necessitei de sua ajuda.

Ao Prof. Dr. Fabrício de Araújo Pedron, incentivador, colaborador e por tantas vezes motivador de minha caminhada na área da Ciência do Solo, com suas incansáveis ajudas nas fases de elaboração, execução e finalização desta obra.

À minha irmã, amiga e colega, Bióloga Prof. Dr^ª. Josiane Pacheco Menezes, a qual me serviu de exemplo para a superação das dificuldades nesta caminhada, com suas palavras de fé, força de vontade e determinação.

*“A todos os amigos que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho e aqueles que todos os dias contribuem na minha caminhada tornando-me uma pessoa melhor... **eu agradeço**”.*

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM SOLOS DE DIFERENTES FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO REBORDO DO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL

Autor: Fábio Pacheco Menezes

Orientador: Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Data e local da defesa: Santa Maria, 16 de dezembro de 2008.

Apesar da grande importância da matéria orgânica do solo para a sustentabilidade dos sistemas naturais e de produção agrícola, seu estudo ainda é incipiente na região do Rebordo do Planalto (RS), onde diferentes trabalhos têm relatado aspectos negativos da utilização inadequada destes solos. Nesse sentido, a avaliação da distribuição do carbono entre as frações separadas quimicamente pode fornecer subsídios para analisar os efeitos de uso empregado nestes locais. Aliado a isto, é importante conhecer o papel desempenhado pelas diferentes feições geomorfológicas presentes na região, já que a variação dos atributos do solo pode ser diferente em cada segmento da paisagem. Desta maneira, o presente trabalho visou avaliar a influência do uso da terra sobre as frações da matéria orgânica, atributos químicos e distribuição de agregados em diferentes profundidades do solo e posições na paisagem, analisando três topossequências de solos de áreas de encostas do Rebordo do Planalto (RS). Para isso, foram determinadas características morfológicas, ambientais, químicas e físicas dos horizontes e camadas do solo. Nesta última, procedeu-se o fracionamento químico da matéria orgânica do solo para quantificação dos teores de carbono das frações húmicas e determinação dos teores de Fe^{+3} e Al^{+3} co-extraídos com as substâncias húmicas. Os resultados permitiram verificar que os atributos químicos e físicos do solo foram afetados pelo uso da terra, tendo a posição do perfil na paisagem importante papel na distribuição dos materiais nas topossequências estudadas. A floresta apresentou os maiores índices de agregação do solo na camada superficial e na posição de topo do relevo, onde se verificou maior teor de C total. O teor de carbono nos extratos das frações da matéria orgânica do solo foi diferente para os três usos avaliados. O carbono da fração ácida apresentou baixos teores em relação aos demais extratos avaliados. A fração húmica correspondeu ao indicador mais sensível à mudança de uso do solo. Nas três topossequências, a maior parte da matéria orgânica do solo distribuiu-se nas frações alcalino-solúveis. Entretanto, valores mais elevados foram observados na floresta em decorrência da liteira. Dentre as frações alcalino-solúveis, os ácidos húmicos foram predominantes, mas apresentaram variações conforme a posição do perfil na paisagem. Esta fração se associou preferencialmente com o Fe^{+3} , enquanto o Al^{+3} mostrou maior afinidade pelos ácidos fúlvicos.

Palavras-chave: fracionamento químico, frações húmicas, solos rasos, pedologia.

ABSTRACT

Dissertation of Master's degree
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria

HUMIC SUBSTANCES IN SOILS FROM DIFFERENTS GEOMORPHOLOGIC FEATURE IN THE EDGE OF RIO GRANDE DO SUL PLATEAU

Author: Fábio Pacheco Menezes

Advisor: Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Date and Place of Defense: Santa Maria, December 16th, 2008.

In spite of the great importance of the soil organic matter for the sustainability of the natural systems and of agricultural production, its study remains incipient in the area of the Edge of the Rio Grande do Sul Plateau, where different research have been reporting negative aspects of the inadequate soil use. In that sense, the carbon distribution evaluation among the chemically separated fractions can supply subsidies to analyze the effects of land use on those sites. Besides that, it is important to know the role carried out by the different geomorphological features present in the area, once that the variation of the soil attributes can be different in each segment of the landscape. The purpose of this research was to evaluate the influence of the land use on the soil organic matter fractions, chemical attributes and aggregates distribution in different soil depths and landscape positions, analyzing three topossequences of soils of hillsides areas of the Edge of the Plateau. Soil characteristics such morphological, environmental, chemistries and physical, were analyzed for each soil horizon and layer. The chemical fractionation of the soil organic matter was realized to quantificate the carbon amount of the humic fractions and to determinate the amount of Fe^{+3} and Al^{3+} co-extracted with the humic substances. The results allowed to verify that the chemical and physical attributes of the soil were effected by the land use, and the position of the profile in the landscape has an important effect in the distribution of the materials in the studied topossequences. The forest showed the largest indexes of aggregation of the soil in the superficial layer and in the top of the landscape, where the larger amount of total organic carbon was verified. The amount of carbon in the fractions extracts of the soil organic matter was different for each land uses. The acid fraction carbon showed low amount in relation to the other extracts. The humina fraction corresponded to the most sensitive indicator to the change of use of the soil. Most of the soil organic matter was distributed in the alkaline-soluble fractions. However, higher values were observed at the forest due to the soil litter. Among the alkaline-soluble fractions, the humic acids were predominant, but they showed variations according to the position in the landscape. This fraction associates preferentially with Fe^{+3} , while Al^{3+} showed larger affinity for the fulvic acids.

Key words: chemical fractionation, humic fractions, shallow soils, pedology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Representação esquemática do fluxo ambiental da matéria orgânica em ecossistemas terrestres e aquáticos (Adaptado de AIKEN et al., 1985).....	19
FIGURA 2 - O sistema solo-paisagem em uma vertente convexo-retilíneo-côncava. Adaptado de Clarck; Smal (1982).....	25
FIGURA 3 - Ilustração indicando a localização da área de estudo no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.....	34
FIGURA 4 - Perfil altimétrico abrangendo as pedoformas convexa e linear da área de estudo.....	37
FIGURA 5 - Modelo Digital de Elevação da área de estudo no município de Itaara (RS).....	47
FIGURA 6 - Correlação entre os teores de substâncias húmicas solúveis (C_{SH}) e teores de cálcio (a) e magnésio (b); correlação entre os teores de ácidos húmicos (C_{AH}) e teores de cálcio (c) e magnésio (d). Significância estatística ao nível de 5% de probabilidade de erro.....	61
FIGURA 7 - Correlação entre os teores de substâncias húmicas solúveis (C_{SH}) e pH (a), e teor de cálcio (b), e CTC efetiva (c) e $CTC_{pH7,0}$ (d). Significância estatística ao nível de 5% de probabilidade de erro.....	64
FIGURA 8 - Correlação entre os teores de carbono orgânico total, posição na paisagem e profundidade para o uso floresta. Significância estatística ao nível de 5% de probabilidade de erro.....	67
FIGURA 9 - Diagrama de ordenação das frações húmicas e proporção destas com o carbono orgânico total (C_T) (a) e atributos químicos do solo (b) produzidos por Análise de Componentes Principais.....	73
FIGURA 10 - Diagrama de ordenação das características físicas dos solos (a) gráfico de escores dos atributos químicos em diferentes posições na paisagem e profundidades (b).....	75

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Posição na paisagem, classificação do solo, declividade, localização, profundidades analisadas e simbologia das amostras.....	35
TABELA 2 - Classes granulométricas segundo Santos et al. (2005).....	38
TABELA 3 - Principais características morfológicas dos solos da área de estudos.....	46
TABELA 4 - Características granulométricas dos perfis estudados.....	49
TABELA 5 - Atributos químicos dos perfis estudados.....	51
TABELA 6 - Atributos químicos do solo em diferentes profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm) nos três usos da terra em Itaara (RS).....	54
TABELA 7 - Diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), índice de estabilidade (DMG/DMGs) dos agregados e distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água nas profundidades de 0-10; 10-20 e 20-30 cm para o uso capoeira em Itaara (RS).....	55
TABELA 8 - Diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), índice de estabilidade (DMG/DMGs) dos agregados e distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água nas profundidades de 0-10; 10-20 e 20-30 cm para o uso lavoura em Itaara (RS).....	57
TABELA 9 - Diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), índice de estabilidade (DMG/DMGs) dos agregados e distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água nas profundidades de 0-10; 10-20 e 20-30 cm para o uso floresta em Itaara (RS).....	59

TABELA 10 - Teores de carbono dos extratos HCl (C_{HCl}), SH (C_{SH}), AF (C_{AF}), AH (C_{AH}) e da fração humina (C_{HU}) e proporção entre o teor de carbono em cada extrato e o teor de C_T , além da razão entre o teor de carbono dos extratos de AH e de AF (C_{AH}/C_{AF}) para o uso capoeira no município de Itaara (RS).....	60
TABELA 11 - Teores de carbono dos extratos HCl (C_{HCl}), SH (C_{SH}), AF (C_{AF}), AH (C_{AH}) e da fração humina (C_{HU}) e proporção entre o teor de carbono em cada extrato e o teor de C_T do solo, além da razão entre o teor de carbono dos extratos de AH e de AF (C_{AH}/C_{AF}) para o uso lavoura, no município de Itaara (RS).....	63
TABELA 12 - Teores de carbono dos extratos HCl (C_{HCl}), SH (C_{SH}), AF (C_{AF}), AH (C_{AH}) e da fração humina (C_{HU}) e proporção entre o teor de carbono em cada extrato e o teor de C_T do solo, além da razão entre o teor de carbono dos extratos de AH e de AF (C_{AH}/C_{AF}) para o uso floresta no município de Itaara (RS).....	65
TABELA 13 - Níveis de significância na análise da variância para as variáveis: C_{HCl} (matéria orgânica de baixo peso molecular), C_{SH} (substâncias húmicas solúveis); C_{AF} (ácidos fúlvicos), C_{AH} (ácidos húmicos) e C_{HU} (huminas).	67
TABELA 14 - Teores de Fe^{+3} e Al^{+3} extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (Fe_d ; Al_d) e oxalato de amônio (Fe_o ; Al_o) e os teores de Fe^{+3} e Al^{+3} co-extraídos com C_{HCl} (Fe_{HCl} , Al_{HCl}), com as C_{SH} (Fe_{SH} , Al_{SH}), com os C_{AF} (Fe_{AF} , Al_{AF}) e com os C_{AH} (Fe_{AH} , Al_{AH}) para o uso capoeira em Itaara (RS).....	69
TABELA 15 - Teores de Fe^{+3} e Al^{+3} extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (Fe_d ; Al_d) e oxalato de amônio (Fe_o ; Al_o) e os teores de Fe^{+3} e Al^{+3} co-extraídos com C_{HCl} (Fe_{HCl} , Al_{HCl}), com as C_{SH} (Fe_{SH} , Al_{SH}), com os C_{AF} (Fe_{AF} , Al_{AF}) e com os C_{AH} (Fe_{AH} , Al_{AH}) para o uso lavoura em Itaara (RS).....	70
TABELA 16 - Teores de Fe^{+3} e Al^{+3} extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (Fe_d ; Al_d) e oxalato de amônio (Fe_o ; Al_o) e os teores de Fe^{+3} e Al^{+3} co-extraídos com C_{HCl} (Fe_{HCl} , Al_{HCl}), com as C_{SH} (Fe_{SH} , Al_{SH}), com os C_{AF} (Fe_{AF} , Al_{AF}) e com os C_{AH} (Fe_{AH} , Al_{AH}) para o uso floresta em Itaara (RS).....	71

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - Aspecto geral dos diferentes usos da terra na área de estudo no município de Itaara (RS).....	92
ANEXO B - Transeto dos pontos amostrados no uso lavoura.....	92
ANEXO C - Transeto dos pontos amostrados para o uso capoeira.....	93
ANEXO D - Transeto dos pontos amostrados para o uso floresta.....	93
ANEXO E - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 1.....	94
ANEXO F - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 2.....	96
ANEXO G - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 3.....	98
ANEXO H - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 4.....	100
ANEXO I - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 5.....	102
ANEXO J - Descrição morfológica do Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico 1..	104
ANEXO K - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 6.....	106
ANEXO L - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 7.....	108
ANEXO M - Descrição morfológica do Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico 2.....	110

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.....	18
2.2 Importância ambiental da matéria orgânica.....	19
2.3 Substâncias húmicas em ecossistemas terrestres.....	20
2.4 Distribuição em profundidade do carbono e das frações húmicas em solos submetidos a diferentes usos.....	22
2.5 Relação entre relevo e a distribuição matéria orgânica do solo.....	24
2.6 Uso e manejo do solo e conteúdo de matéria orgânica.....	26
2.7 Estabilidade estrutural do solo.....	29
3 HIPÓTESE.....	32
3.1 Hipótese I.....	32
3.2 Hipótese II.....	32
4 OBJETIVO.....	32
4.1 Objetivo geral.....	32
4.2 Objetivos específicos.....	32
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
5.1 Caracterização da área experimental.....	34
5.2 Coleta de amostras de solo.....	37
5.3 Preparo da amostra de solo.....	37
5.4 Análises físicas.....	38
5.5 Estabilidade de agregados.....	38
5.5.1 Peneiramento via úmido.....	39
5.5.2 Peneiramento a seco.....	39
5.6 Análises químicas.....	40

5.7 Extração, fracionamento e quantificação das substâncias húmicas com solução 0,5 ml l⁻¹	41
5.7.1 Determinação do teor de Fe ⁺³ e de Al ⁺³ co-extraídos com as substâncias húmicas.....	42
6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	43
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
7.1 Aspectos ambientais e caracterização dos solos estudados	44
7.1.1 Atributos químicos das profundidades.....	52
7.2 Distribuição de classes de tamanho e estabilidade de agregados	55
7.3 Distribuição das frações húmicas da matéria orgânica do solo	59
7.4 Interação entre Profundidade, Uso da terra e Relevo para as frações húmicas da matéria orgânica do solo	66
7.5 Teores de Fe⁺³ e Al⁺³ extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato, oxalato de amônio e co-extraído das substâncias húmicas	68
7.6 Análise de Componentes Principais	72
8 CONCLUSÕES	76
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	91

1 INTRODUÇÃO

O Rebordo do Planalto corresponde à região de transição entre a Depressão Central e o Planalto do Rio Grande do Sul, onde o relevo atua intensamente na formação de solos pouco desenvolvidos e frágeis (DALMOLIN; PEDRON, 2004). O uso destas áreas em atividades agropecuárias tem modificado de maneira significativa a dinâmica dos ecossistemas naturais (POELKING, 2007; ZALAMENA, 2008; STÜRMER, 2008), o que sugere alterações nos teores de matéria orgânica do solo (MOS), bem como na distribuição das frações húmicas.

As práticas agrícolas adotadas nesta região têm forte influência da colonização europeia, a qual se caracterizou pela introdução de agricultura em ambientes de floresta nativa (NEUMANN et al., 2007). A ocorrência de áreas de capoeira, entretanto, se relaciona com o abandono das lavouras e o conseqüente início do processo de sucessão ecológica para domínios de gramíneas (RUHOFF et al., 2003). Diferentes trabalhos (CUNHA et al., 2001; MIRANDA et al., 2007; BARRETO et al., 2008; LIMA et al., 2008) têm relatado aspectos negativos da introdução de agricultura em ambientes naturais. No entanto, a maioria dos estudos que avaliaram a influência do uso da terra nos teores de MOS, foram conduzidos em solos profundos e intemperizados, diferindo da realidade encontrada nas áreas mais declivosas do Rebordo do Planalto (RS), onde predominam solos rasos e pouco intemperizados como os Neossolos e Cambissolos.

A MOS tem sido utilizada como um importante indicador da qualidade do solo devido sua relação com inúmeras propriedades químicas, físicas e biológicas (REICHERT et al., 2003). Dentre suas diversas frações, Cunha et al. (2001) destacam a importância do conhecimento das frações húmicas, por demonstrarem boa sensibilidade às perturbações causadas pelos sistemas de uso das terras. Nesta ótica, analisar a distribuição destas frações em áreas de encostas é importante para buscar a sustentabilidade destes ambientes, já que as substâncias húmicas constituem quase a totalidade da MOS e desempenham papel importante na reatividade química do solo (STEVENSON, 1994).

A vulnerabilidade da região do Rebordo do Planalto (RS) ocorre devido a associação de relevo altamente declivoso e solos com pequena profundidade efetiva (ZALAMENA, 2008). Deste modo, entende-se que a análise das frações húmicas da MOS deva considerar a posição do perfil na paisagem, já que as variações dos

atributos do solo podem ser diferentes em cada segmento de uma vertente (BRITO et al., 2006). Canellas et al. (2000) destacaram o papel do relevo na formação e distribuição das substâncias húmicas ao analisar solos em uma topossequência no Estado do Rio de Janeiro. No entanto, para o Rebordo do Planalto (RS) pouco se conhece destas informações, principalmente da relação entre posições na paisagem e distribuição das frações húmicas em topossequências submetidas a diferentes usos. Portanto, este estudo visa contribuir para o entendimento do impacto do uso destas áreas, fornecendo maiores subsídios para utilização racional dos solos em vista do maior conhecimento de sua variabilidade espacial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. REBORDO DO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL

A história da ocupação social e econômica da região central do Estado do Rio Grande do Sul tem como base a formação de dois grandes sistemas agrários. Um destes, o sistema de campo natural, desenvolveu-se tanto na Depressão Central quanto nos Campos do Planalto e caracterizou-se pela pecuária extensiva em grandes propriedades (NEUMANN et al., 2007). O outro, denominado de sistema agrário da Mata, ocorreu na região do Rebordo do Planalto (RS), onde se estabeleceu a agricultura colonial de origem Européia, tendo como base produtiva a mão de obra dos imigrantes italianos e alemães (NEUMANN, 2003).

Como prática agrícola adotava-se a derrubada de segmentos florestais e a implantação de novas áreas de cultivo (BERNARDES, 1997), o que não se caracteriza como um manejo sustentável. Atualmente, a região tem como base produtiva a agricultura familiar, a qual se caracteriza por sua baixa rentabilidade e caráter de subsistência (NEUMANN et al., 2007), sendo comum na região as culturas com maior adaptabilidade ao relevo declivoso, como os hortifrutigranjeiros, criação de aves, feijão e milho. Ocorre também a expansão da atividade fumicultora, fomentada por empresas multinacionais (MARION, 2007).

Grande parte da agricultura ocupa áreas com fortes restrições morfo-pedológicas (pedregosidade, rochosidade e pequena profundidade efetiva) que dificultam a modernização e mecanização (RUHOFF et al., 2003). No Rebordo do Planalto (RS) ocorre predomínio de rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral, formada por sucessivos derrames de lavas da Era Mesozóica (MÜLLER FILHO, 1970). A declividade da região varia em média de 13 a 45%, porém, podem ocorrer locais com declividades superiores a 100%. Em relação às altitudes, as áreas do rebordo podem alcançar até 475 metros (MACIEL FILHO, 1990).

O clima da região é do tipo Cfa de Köppen - subtropical, úmido sem estiagem e o regime pluvial anual médio é de 1500 a 1750 mm ao ano (IPAGRO, 1989). A vegetação original pertence à região fitogeográfica de Floresta Estacional Decidual (OLIVEIRA, 1991) sendo composta por espécies arbóreas, arbustivas e rasteiras (RIO GRANDE DO SUL, 1994). Segundo Marchiori (2002), dentre as espécies vegetais encontradas nesta região destacam-se o angico-vermelho, a canafístula e a

timbaúva. A ocorrência de áreas de capoeira deve-se ao desmatamento de áreas florestais para implantação de agricultura. Com o posterior abandono destes locais, ocorre o estabelecimento de domínios herbáceos (RUHOFF et al., 2003).

Desta maneira, entender o papel dos diferentes usos sobre as propriedades químicas, físicas e morfológicas do solo pode fornecer subsídios para a utilização adequada das áreas de encostas do Rebordo do Planalto (RS).

2.2 IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DA MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica está presente nos solos, sedimentos, turfas e ambientes aquáticos (Figura 1), apresentando diferentes tipos de estruturas, composições, interações e formas de solubilidade (DICK; MARTINAZZO, 2006).

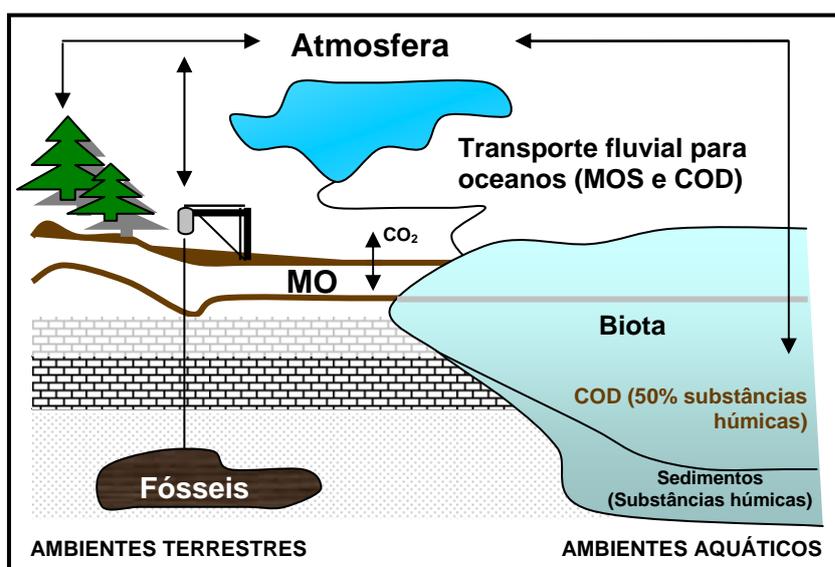


Figura 1 - Representação esquemática do fluxo ambiental da matéria orgânica em ambientes terrestres e aquáticos (Adaptado de AIKEN et al., 1985).

Em ambientes terrestres, o termo matéria orgânica do solo (MOS) refere-se a todos os compostos que contêm carbono orgânico no solo, incluindo os microrganismos vivos e mortos, em seus diversos estágios de decomposição (SANTOS; CAMARGO, 1999). A MOS pode ser dividida em dois grupos fundamentais: as biomoléculas e as substâncias húmicas (STEVENSON, 1994; SANTOS; CAMARGO, 1999). O primeiro grupo é representado pelos carboidratos, gorduras, ceras, proteínas e ácidos nucleicos (BARRETO et al., 2008). No segundo

grupo, destacam-se os ácidos húmicos, os ácidos fúlvicos e as huminas por desempenharem importante papel no fornecimento de nutrientes às culturas; na retenção de cátions; na complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes; na estabilidade de agregados, a qual interfere na infiltração, retenção de água e aeração do solo; e por influenciarem na atividade e biomassa microbiana. Assim, as frações húmicas constituem-se um componente fundamental da capacidade produtiva dos solos (BAYER; MIELNICZUCK, 1999).

As frações húmicas representam quase a totalidade da matéria orgânica e, devido à sua grande reatividade, correspondem à porção envolvida na maioria das reações químicas do solo (CANELLAS et al., 1999). Não é de se admirar que estas substâncias mereçam destaque em muitas pesquisas, já que representam o principal reservatório de carbono no solo e ainda interagem com a atmosfera modificando a concentração de CO₂, dependendo do uso e manejo adotado no solo (PICCOLO, 1999). Neste sentido, Bayer; Mielniczuk (1999) destacaram que as mudanças no ambiente, decorrentes de práticas inadequadas de manejo, podem levar ao rápido declínio da MOS em áreas tropicais e subtropicais. Isto inclui os ambientes do Rebordo do Planalto (RS), onde ocorrem geomorfologias distintas e usos variados do solo, em áreas com diferentes aptidões e limitações (POELKING, 2007). Desta maneira, entende-se que o estudo e a compreensão da dinâmica da MOS são fundamentais para a sustentabilidade dos sistemas naturais e agrícolas (ROCHA; ROSA, 2003) presentes nesta região.

2.3 SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM ECOSISTEMAS TERRESTRES

As substâncias húmicas compreendem um grupo de compostos de carbono gerados na decomposição dos resíduos orgânicos que sofrem ressíntese, formando um material denominado de húmus (STEVENSON, 1994). Esta fração apresenta tamanho coloidal e corresponde entre 80 a 90% do carbono do solo, dependendo do uso e manejo adotado (SANTOS, 2005).

A quantidade de carbono orgânico em um sistema agrícola é o resultado entre a taxa de adição de resíduos, a taxa de mineralização e a taxa de humificação (CAMPOS et al., 2004). A conversão de ecossistemas naturais para sistemas agrícolas ou pecuários resulta em declínio da MOS, sendo maior esta intensidade em áreas de relevo ondulado, nas quais se acentuam os processos erosivos

(GALVÃO et al., 2005). Em solos florestais, a liberação de nutrientes pela liteira e a absorção de nutrientes pelas plantas ocorrem em sincronia, mantendo estáveis os teores de carbono orgânico do solo (CAMPOS et al., 2004). As perdas de MOS em agroecossistemas são decorrentes, principalmente, do preparo do solo, especialmente pela intensidade de revolvimento, a qual influencia a temperatura, umidade e aeração, ruptura de agregados e a incorporação da resteva ao solo (BAYER; MIELNICZUC, 1997).

O método de fracionamento químico mais comumente empregado é o que utiliza como extrator a solução de NaOH (0,1 ou 0,5 mol L⁻¹) (SWFIT, 1996; DICK; MARTINAZZO, 2006), sendo o método recomendado pela International Humic Substance Society (IHSS). Este procedimento destaca-se por extrair substâncias húmicas do solo com um rendimento de até 2/3 do total da matéria orgânica quando usada de forma seqüencial (CANELLAS; SANTOS, 2005).

Esta metodologia gera três frações principais que diferem quanto à solubilidade no meio aquoso em diferentes pHs: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e huminas (HU). Da extração em álcalis obtém-se a fração AF, a qual é solúvel a qualquer pH (CANELLAS et al., 2001). A fração AH é solúvel apenas em meio alcalino (BARRIQUELO, 2005; DICK; MARTINAZZO, 2006), mas insolúvel em meios fortemente ácidos em decorrência da protonação de seus grupos funcionais que ocasionam o colapso da estrutura e conseqüente precipitação de suas macromoléculas (CANELLAS et al., 2000). A fração de HU é composta por estruturas mais hidrofóbicas e, portanto, insolúveis em meio aquoso, como também por compostos intimamente ligados à fase sólida mineral, que não são extraídos com solução de NaOH (DICK et al., 2003).

A distribuição do carbono orgânico nas três frações depende do tipo de solo, do tipo de vegetação, do uso e do manejo empregado (STEVENSON, 1994; DICK; MARTINAZZO, 2006). O preparo intensivo do solo, a queima da resteva e a manutenção de culturas com baixa adição de resíduos promovem a degradação de suas propriedades químicas e físicas (BAYER; MIELNICZUC, 1997). O conhecimento destas relações, portanto, permite a aplicação de técnicas que promovam a manutenção ou recuperação dos teores de MOS, buscando o equilíbrio entre perdas e ganhos observados em ambientes sob vegetação natural.

2.4 DISTRIBUIÇÃO EM PROFUNDIDADE DO CARBONO E DAS FRAÇÕES HÚMICAS EM SOLOS SUBMETIDOS A DIFERENTES USOS

O teor de matéria orgânica em diferentes solos pode oscilar desde menos de 1% em solos de desertos até altas porcentagens em solos orgânicos (STEVENSON, 1994). Dalmolin et al. (2006) observaram influência do clima e do material de origem na qualidade e na quantidade da MOS estudando uma climossequência de Latossolos do Sul do Brasil. Diante da variabilidade de fatores que podem afetar a MOS, a sua preservação e formação depende fundamentalmente do tipo de manejo empregado no solo e das condições pedoambientais (BAYER; MIELNICZUCK, 1999). Em geral, nos horizontes superficiais do solo há maior teor de carbono do que nos horizontes subsuperficiais, entretanto, esta distribuição da matéria orgânica pode ser afetada pela maneira que os resíduos são adicionados ao solo (LOSS et al., 2006).

Em áreas florestais encontra-se maior quantidade de carbono orgânico na superfície porque a contribuição da liteira é maior do que a das raízes, ficando uma maior proporção localizada superficialmente (RUIVO et al., 2005). Nas áreas de pastagem, devido ao curto ciclo de vida das gramíneas ocorre contínua adição de restos orgânicos em profundidade. Além disto, as gramíneas apresentam alta degradabilidade, o que favorece a decomposição constante e menos rápida da matéria orgânica, propiciando a formação de frações mais facilmente biodegradáveis (RUIVO et al., 2005; LOSS et al., 2006).

Estudando a MOS após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce (MG), Lima et al. (2008) não observaram diferenças significativas entre os valores obtidos para o carbono orgânico total (C_T) quando se comparou eucaliptos e pastagens nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm no município de Belo Oriente (MG). Já em Virginópolis (MG), o solo sob eucalipto apresentou maior teor de C_T em comparação ao solo sob pastagem, mas foi menor do que no solo sob mata nativa nos 10 primeiros centímetros. Os autores atribuíram as diferenças encontradas às variações de temperatura e teores de argila. Em Belo Oriente (MG) encontraram maiores teores de AF e AH no solo sob mata nativa do que nos solos sob pastagens e eucaliptos, para as profundidades analisadas. Os autores correlacionaram este fato há ausência de perturbações oriundas das práticas de manejo no ambiente natural.

Ao analisar mata submetida ao raleamento para cultivo de cacau ou cultivo de pastagens nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, Barreto et al. (2008) não observaram diferenças significativas nos valores de C_T . Os autores relataram que o fato de não observar diferenças pode estar relacionado à espessura da camada analisada, já que dependendo do uso o teor de C_T pode ser maior nos primeiros 5 cm ou mais uniforme em profundidade. Já a fração HU apresentou diferenças significativas na profundidade de 0-10 cm, sendo maior na área de pastagem. Araújo et al. (2004) encontraram diminuição em profundidade das frações AF e AH ao analisar o uso da terra e propriedades físicas e químicas de um Argissolo Amarelo Distrófico na Amazônia Ocidental.

Canellas et al. (2000) estudando as frações da MOS em seis solos de uma toposseqüência (RJ) destacaram que a principal característica da distribuição do C_T é a diminuição em profundidade. Loss et al. (2006) ao estudar a distribuição em profundidade (0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50; 50-60; 60-70 cm) das frações húmicas da MOS sob diferentes usos (floresta secundária, pastagem e lavoura de cana-de-açúcar) encontraram distribuição semelhante entre o C_T e a fração HU em áreas de floresta secundária e pastagens. Nestes ambientes, os teores decresceram até a profundidade de 50 cm. Na camada de 50-60 cm, estes voltaram a se elevar. Na lavoura, entretanto, não se observou este comportamento. Os AH diminuíram em profundidade para todos os usos, sendo encontrado maiores valores para a floresta, onde também se observou os maiores valores de AF. Estes se acumularam nas profundidades de (50, 60 e 70 cm), principalmente na lavoura.

Os dados de Cunha et al. (2001) sobre o impacto do manejo convencional em propriedades físicas e substâncias húmicas de solos do Cerrado mostraram diminuição dos valores de C_T em profundidade no perfil de solo. Em contrapartida, a fração ácidos fúlvicos livres aumentou com a profundidade. Comportamento semelhante foi obtido para a fração AF, mas não em todos os perfis analisados. Os AH e as HU tenderam à diminuição em profundidade. Segundo Stevenson (1994) estas duas frações atuam como agente estabilizador da estrutura do solo.

Nota-se que as particularidades de cada região, bem como o uso e manejo empregado são importantes fatores capazes de alterar a distribuição das frações obtidas por fracionamento químico da MOS. Neste caso, conhecer melhor esta interação nos ambientes de encostas do Rebordo do Planalto (RS) torna-se importante, pois a formação destas frações é um processo lento e as modificações

decorrentes do uso da terra podem ser expressas nas frações húmicas. Assim, a comparação entre áreas sob uso agrícola (lavoura e capoeira) e vegetação florestal nativa pode indicar o impacto da introdução dos agroecossistemas nesta região.

2.5 RELAÇÃO ENTRE RELEVO E A DISTRIBUIÇÃO MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A relação entre feições do relevo e a distribuição dos solos é conhecida por relação solo-paisagem e seu uso é uma ferramenta potencial na distinção e mapeamento dos solos (DALMOLIN et al., 2004). Segundo Brito et al. (2006), o manejo aplicado às culturas deve considerar a posição da paisagem, pois a variação dos atributos do solo pode ser diferente em cada segmento, fato este também relatado por Meirelles (1998), que observou forte influência das posições geomórficas no condicionamento das variações dos atributos de um Latossolo Vermelho Eutroférico.

O relevo, como um fator de formação, é capaz de condicionar gêneses diferenciadas a solos que ocupam diferentes segmentos da paisagem. A variabilidade destes elementos está relacionada à hidrologia, litologia, clima e feições geomórficas expressas pelo relevo (STOLT et al., 1993). Desta maneira, o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo aliado ao estudo dos diferentes elementos da paisagem propicia o entendimento dos processos que envolvem o movimento e armazenamento de água dentro do perfil do solo, bem como, a relação destes com o transporte e deposição de materiais (MARQUES JÚNIOR; LEPSCH, 2000).

Outro conceito interessante é o de vertente como uma categoria para o estudo da fisiologia da paisagem. Nesse sentido, Dylík (1968) conceituou vertente como “toda superfície terrestre inclinada, muito extensa ou distintamente limitada, subordinada às leis gerais da gravidade”. Assim, este termo caracteriza-se como a mais básica de todas as formas de relevo. A água pluvial na paisagem pouco movimentada encontra condições favoráveis para infiltrar no solo, minimizando o escoamento superficial. Por outro lado, em áreas mais movimentadas, o escoamento superficial é maior do que a infiltração (JENNY, 1941) (Figura 2). Deste modo, a paisagem pode acelerar as reações químicas do intemperismo, o transporte

de sólidos ou materiais solúveis, produzindo efeitos que resultam em diferentes solos na topossequência (SCHIAVO et al., 2007).

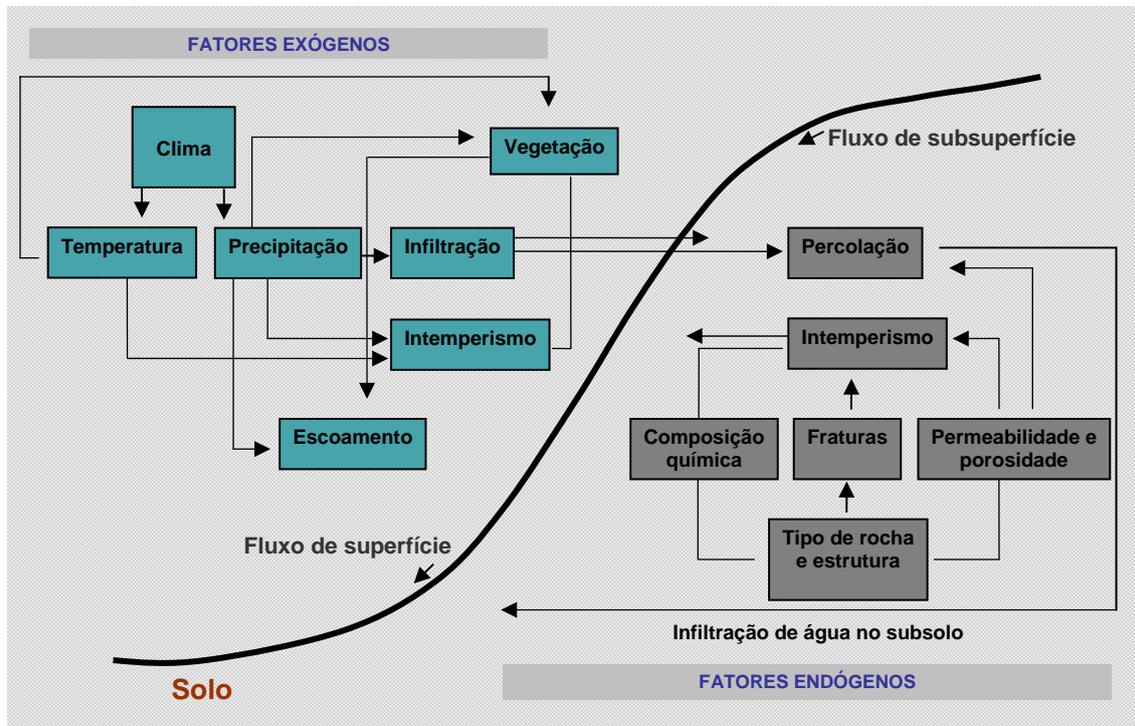


Figura 2 – O sistema solo-paisagem em uma vertente convexo-retilíneo-côncava. Adaptado de CLARCK; SMAL (1982).

O acúmulo e a humificação da MOS correlacionam-se com a declividade do terreno (JENNY, 1941). Segundo Silva et al. (2007) em áreas de boa drenagem, se mantido constante os outros fatores de formação, quanto menor a declividade, maior é a taxa de acúmulo e o grau de humificação da matéria orgânica. Silva; Vidal Torrado (1999) estudando Latossolos do Sul de Minas Gerais encontraram teores de C_T mais elevado nos perfis situados no topo da vertente, ao passo que naqueles situados na meia encosta os teores foram menores. Estes resultados foram semelhantes aos de Brito et al. (2006) que estudaram a mesma classe de solo em Jaboticabal (SP) e observaram menores teores de C_T nos segmentos escarpa, meia encosta e encosta inferior.

Estudando as frações da MOS em uma topossequência na Serra da Bodoquema (MS), Schiavo et al. (2007) analisaram o papel do relevo na distribuição das frações húmicas. Nas seis ordens de solos identificadas, os teores de C_T e das frações húmicas diminuíram com a profundidade. Humina (HU) foi a fração presente em maior proporção entre as substâncias húmicas, principalmente nos solos do

terço superior e inferior da encosta, bem como na área de várzea. Em solos hidromórficos e pouco drenados são encontrados altos teores de matéria orgânica devido à predominância de processos anaeróbicos que durante os períodos de encharcamento previnem a destruição da MOS (STEVENSON, 1994). No terço médio da encosta, Schiavo et al. (2007) verificaram elevados teores de AH, o que elevou a relação AH/AF de valores 1,7 a 2,1, indicando que o relevo afeta a distribuição destas frações e favorece o acúmulo das frações mais estáveis à decomposição (AH).

Analisando a influência do relevo em uma toposseqüência de solos em Seropédica (RJ), Canellas et al. (2000) encontraram diminuição do C_T em profundidade, independente da posição do perfil no relevo. A mesma distribuição, no entanto, não se deu para as frações húmicas. No terço inferior da encosta predominou em profundidade os ácidos fúlvicos livres e os AF, já que os processos de pedogênese são intensificados pela superfície mais côncava e conseqüente maior infiltração vertical de água. Na parte superior do relevo, com predominância de textura mais finas, foram encontrados maiores teores de HU.

Estudando a distribuição das substâncias húmicas em solos de tabuleiro sob diferentes coberturas vegetais, Loss et al. (2006) encontraram comportamento semelhante para a fração HU e C_T , onde os teores são elevados na superfície e diminuem com a profundidade. A HU foi a fração presente em maior proporção dentre as substâncias húmicas sob diferentes tipos de vegetação, contribuindo com o maior aporte de carbono orgânico nos solos de tabuleiro. Nas áreas do Rebordo do Planalto (RS) ainda não se conhece a distribuição da MOS em suas frações obtidas através do fracionamento químico e poucos ou inexistentes são os trabalhos que consideram as relações destas frações com o relevo local, sendo interessante analisá-las em vistas de seu importante papel desempenhado no solo.

2.6 USO E MANEJO DO SOLO E CONTEÚDO DE MATÉRIA ORGÂNICA

A implantação de agricultura em ambientes naturais acarreta alterações na dinâmica da MOS e os efeitos desta perturbação geralmente se expressam negativamente nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CUNHA et al., 2001). Dependendo do uso e manejo empregado, a MOS pode ser alterada com maior ou menor intensidade (BARRETO et al., 2008), tendo o revolvimento do solo

importante papel na distribuição de suas frações (BAYER; BERTOL, 1999). Nas últimas décadas, tem se dado atenção especial à rápida degradação dos solos sob exploração agrícola, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento (LAL, 1997). Diante disto, diferentes trabalhos têm buscado analisar os compartimentos da MOS, a fim de criar estratégias de manejo que reduzam o impacto da agricultura sobre o ambiente (PINHEIRO et al., 2003; ALMEIDA et al., 2005; SOUZA et al., 2006).

Estudando a região das Encostas Basálticas no município de Teutônia (RS), Bayer; Schneider (1999) observaram alterações nos teores de MOS em função do uso e manejo adotado. Segundo os autores, o preparo convencional da lavoura promoveu redução entre 60-70% nos teores de MOS quando comparado a solos de mata na camada de 0-2,5 cm. A análise até a profundidade de 10 cm demonstrou redução próxima a 50%. A substituição da lavoura sob preparo convencional por plantio direto, entretanto, mostrou incremento nos teores de MOS entre 25-108% na camada de 0-2,5 cm e de 18-52% na camada de 0-10 cm.

Análises da MOS em Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo foram realizadas por Pinheiro et al. (2003). Neste estudo, os autores observaram que a fração HU correspondeu a maior parte do C_T , apresentando teores mais elevados em áreas de gramíneas com capim colônia (*Panicum maximum*), na profundidade de 0-5 cm. Ao comparar-se o sistema preparo convencional ao cultivo mínimo e cobertura de gramíneas, observaram redução de 42% em relação ao sistema preparo convencional e de 53% em relação à cobertura de gramíneas, para o carbono da fração HU. Já as frações AH e AF não apresentaram alterações significativas nos teores de carbono entre os diferentes sistemas de manejo empregados.

Através do fracionamento químico da MOS, Cunha et al. (2001), verificaram diferenças nos teores e na distribuição das frações húmicas em solos sob cultivo agrícola e vegetação natural. Os autores atribuíram as variações observadas à degradação da cobertura vegetal e ao reduzido aporte de compostos orgânicos, fato este que contribuiu para a elevação do teor de HU e AF nos ambientes naturais em relação aos teores verificados nos agroecossistemas. Fontana et al. (2001) estudando solos de tabuleiro na região Norte Fluminense (RJ) encontraram maior teor da fração HU para os Latossolos e Argissolos analisados nos três usos da terra (floresta secundária, pastagem e cana-de-açúcar). Entre estes, a floresta apresentou

os maiores teores de HU na profundidade de 0-20 cm. De acordo com os autores este fato está relacionado à grande quantidade de resíduos incorporados ao solo através da liteira. O menor valor da fração HU foi observado na pastagem, onde a textura arenosa promoveu perdas em função da mineralização. Para a profundidade de 20-40 cm também se verificaram maiores teores de HU na floresta secundária. A lavoura de cana-de-açúcar apresentou baixos teores de AH, possivelmente devido ao uso freqüente de implementos agrícolas e preparo do solo.

Ao comparar três usos da terra (Mata Atlântica nativa, cultivo de cacau e pastagem) Barreto et al. (2008) não encontraram diferenças significativas para o C_T , entretanto, a distribuição das substâncias húmicas variou em função dos diferentes usos. A fração HU foi predominante, tendo alcançado valores mais elevados na superfície da pastagem. Sob Mata Atlântica, os AH aumentaram em profundidade, tendo comportamento diferente nos outros usos. Os AF tenderam ao aumento em profundidade, exceto para a Mata Atlântica. Os resultados de Marchiori Jr.; Melo (2000) não apontam diferenças entre os sistemas de uso para as frações húmicas, exceto quando estas são apresentadas em relação ao teor de C_T , fato este mais evidente para a camada de 0-10 cm do solo. Já os dados de Leite et al. (2003), mostram que a substituição da mata natural de Mata Atlântica por cultivos anuais (milho) causou reduções nos teores de carbono de todas as frações húmicas da MOS.

Diferentes trabalhos têm analisado as relações entre sistemas de culturas e teores de MOS através de técnicas espectroscópicas. Através da técnica de RMN ^{13}C , Ceretta (1995) avaliou o efeito de sistemas de culturas (milho+guandu; aveia+vica/milho+caupi; aveia/milho) sob plantio direto, em AH na camada de 0-2,5 cm de um Argissolo no Sul do Brasil. Os resultados permitiram discriminar os sistemas de culturas, em relação ao solo descoberto, especialmente quanto à porcentagem de carbono aromático, carbono alifático e aromaticidade. Dalmolin et al. (2006) através da mesma técnica observaram variações na aromaticidade da MOS em Latossolos no Estado do RS.

Apesar da grande importância da MOS para a sustentabilidade dos sistemas naturais e de produção agrícola (MIELNICZUK et al., 2003), ainda são escassos os estudos na região do Rebordo do Planalto (RS). A maior parte das pesquisas que analisam a influência do uso e manejo sobre a MOS têm sido efetuadas sobre as classes de Latossolos e Argissolos (CERETTA, 1995; CUNHA et al., 2001;

FONTANA et al., 2001; PINHEIRO et al., 2003; DALMOLIN et al., 2006; LOSS et al., 2006), tanto em nível nacional, como estadual. Assim, fica explícita a necessidade de se conhecer mais sobre a dinâmica das frações da MOS em solos rasos, como os presentes nas áreas do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.

2.7 ESTABILIDADE ESTRUTURAL DO SOLO

A estrutura do solo é um fator-chave em suas habilidades de suportar plantas e animais e moderar a qualidade do ambiente, pois influencia diretamente o movimento de retenção de água, erosão, ciclagem de nutrientes e trocas gasosas com a atmosfera (MELO et al., 2008). Kay; Angers (1999) relataram que entre os atributos do solo que determinam a estabilidade estrutural destacam-se aqueles ligados à textura, à MOS, à mineralogia das argilas e ao material inorgânico não cristalino. Dentre estes, a MOS destaca-se por sofrer forte influência do sistema de manejo empregado no solo. Assim, práticas conservacionistas que propiciam menor revolvimento do solo e aumento do teor de carbono orgânico apresentam relevante potencial na recuperação das propriedades físicas do solo (SILVA; MIELNICZUC, 1997).

Os óxidos de ferro correspondem a importantes agentes cimentantes devido à sua grande reatividade e elevada área superficial específica. O principal mecanismo de agregação é a atração das cargas positivas das partículas de óxidos de ferro pelas cargas negativas das argilas silicatadas (DUIKER et al., 2003). Pedrotti et al. (2003) destacaram o papel dos óxidos de alumínio devido sua grande habilidade em complexar a MOS. A forma dos minerais da fração argila é considerada um importante fator na definição do tamanho e forma dos agregados (MELO et al., 2008). A MOS, por sua vez, age como condicionador do solo mediante suas diversas frações juntamente com a ação física promovida pelas raízes (DUFRANC et al., 2004).

Golchin et al. (1997) propuseram um modelo hierárquico de formação e estabilização de agregados por compostos orgânicos, os quais desempenham papel de agentes cimentantes entre as partículas individuais do solo. Tais compostos podem ser agrupados em três grupos de acordo com Tisdall; Oades (1982): 1) transientes – compreende principalmente os polissacarídeos; 2) temporários - raízes

e hifas de fungos; e 3) persistentes – estruturas alifáticas e aromáticas associados a cátions metálicos polivalentes.

As partículas individuais de solo podem apresentar diferentes graus de organização em função da formação de complexos organo-minerais. Assim, partículas da ordem de 20 μm seriam estabilizadas por agentes persistentes. À medida que a estrutura torna-se maior, compostos orgânicos humificados e fragmentos vegetais, em avançado estágio de decomposição, auxiliam na estruturação destas partículas. Esta associação organo-mineral, agora denominada de microagregado possui tamanho entre 20 e 250 μm , envolvendo agentes persistentes e transitórios. No último nível de organização dos agregados encontramos partículas maiores que 250 μm , as quais são formadas pela união de microagregados, recebendo a denominação de macroagregados (ROSCOE; MACHADO, 2002).

Desta maneira, observa-se que a complexa dinâmica de agregação é o resultado da interação entre diversos fatores, incluindo aspectos ambientais, influências edáficas, como a textura e composição mineral e o uso e manejo do solo. Nesta ótica, Salton (2005) relata maior estabilidade dos agregados para áreas de pastagens do que em solos cultivados, pois as raízes das gramíneas desempenham papel agregante e cimentante através da liberação de seus exsudados radiculares. Da mesma maneira, espera-se que o manejo com plantio direto favoreça a agregação, ao passo que no plantio convencional a estabilidade dos agregados seja menor (TISDALL, 1994).

Estudando Neossolos Regolíticos das áreas de rebordo da região central do RS Sturmer (2008) observou diferenças em relação aos atributos físicos avaliados, entre estes, a estabilidade estrutural e a distribuição de agregados. A variabilidade encontrada neste estudo conferiu aos solos comportamentos hídricos diferenciados. Zalamena (2008), entretanto, ao estudar o impacto do uso da terra em atributos químicos e físicos de solos do Rebordo do Planalto (RS), obteve maiores alterações em atributos químicos do que físicos. Isto mostra que esta área de transição entre a Depressão Central Gaúcha e o Planalto possui grande variabilidade nas características químicas e físicas do solo, sendo assim, requer práticas agrícolas que respeitem suas limitações de uso devido à grande diversidade de seus ecossistemas. Nesse sentido, um melhor entendimento destes ambientes pode ser

traçado através da análise de propriedades morfológicas, químicas, físicas e ambientais em solos sob diferentes usos da terra.

3 HIPÓTESE

3.1 HIPÓTESE I

O uso agrícola de áreas florestais nativas do Rebordo do Planalto (RS) altera os atributos químicos do solo, a distribuição das frações húmicas e causa redução nos teores de carbono das frações húmicas da matéria orgânica do solo.

3.2 HIPÓTESE II

Em áreas de pedoformas convexas, comumente encontradas no topo do Rebordo do Planalto (RS) ocorre maior teor de ácidos húmicos do que na meia encosta, onde o contorno retilíneo promove maior transporte de sólidos ou materiais solúveis para as áreas mais baixas. Nestas últimas, a superfície mais côncava promove maior infiltração de água e conseqüentemente ocorre tendência de aumento da proporção dos ácidos fúlvicos em profundidade, já que esta representa a fração mais solúvel da MOS.

4 OBJETIVO

4.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho visou avaliar a influência do uso da terra sobre as frações da MOS, atributos químicos e distribuição de agregados no solo em diferentes profundidades e posições na paisagem, analisando três topossequências de solos de áreas de encostas do Rebordo do Planalto (RS).

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência do relevo através da análise de diferentes posições na paisagem em atributos químicos e físicos do solo em três topossequências com diferentes usos da terra em áreas de encostas do Estado do RS.

- Verificar relação entre a distribuição de agregados e granulometria do solo com os teores de carbono orgânico total em diferentes profundidades e usos da terra em solos do Rebordo do Planalto (RS);
- Conhecer a distribuição das frações húmicas da MOS obtidas através do fracionamento químico para a área do Rebordo do Planalto (RS);
- Investigar a relação entre posições na paisagem e distribuição das frações húmicas da MOS em três topossequências submetidas a diferentes usos no Rebordo do Planalto (RS);
- Verificar qual fração da matéria orgânica constitui um indicador mais sensível à mudança de uso do solo nas áreas de encostas do Rebordo do Planalto (RS);

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi conduzido no município de Itaara (RS), região de transição entre a Depressão Central Gaúcha e o Planalto Meridional, conhecida por Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul (Figura 3).

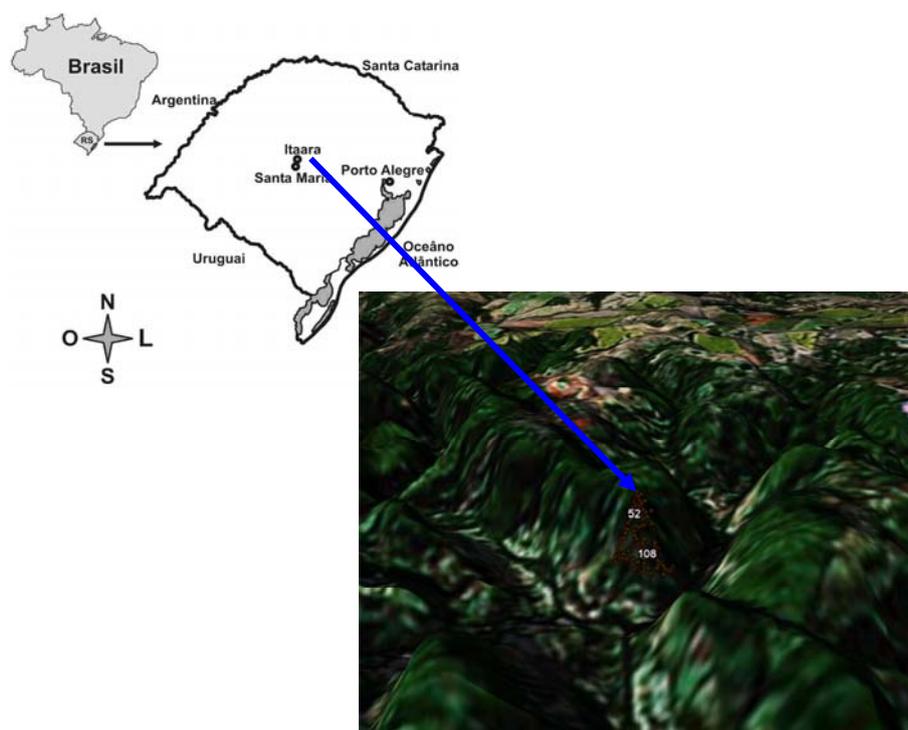


Figura 3 - Ilustração indicando a localização da área de estudo no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. Itaara (RS) (Imagem do Google Earth).

Os perfis foram descritos e os solos amostrados em trincheiras abertas em três topossequências, segundo Santos et al. (2005). Totalizaram-se nove perfis descritos, sendo três para cada tipo de uso da terra (lavoura, capoeira e floresta). Os usos foram avaliados em diferentes posições da topossequência (topo, meia encosta e encosta inferior). Avaliaram-se três profundidades (0-10; 10-20 e 20-30 cm) em cada posição da paisagem. Os solos estudados foram classificados segundo Embrapa (2006) como: Neossolo Regolítico Eutrófico típico e Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico. Os Neossolos ocupam as três posições da paisagem no uso capoeira. Na lavoura e floresta, apenas a encosta inferior apresentou Cambissolos, sendo as demais posições ocupadas por Neossolos (Tabela 1).

Tabela 1 - Posição na paisagem, classificação do solo, declividade, localização, profundidades analisadas e simbologia das amostras.

Posição na paisagem	Uso da terra				
	Campo				
	Classificação do solo (EMBRAPA, 2006)	Declividade	Coordenada geográfica	Profundidades analisadas	Simbologia
Topo (C1)	Neossolo Regolítico Eutrófico típico	45%	29°33,561'S 53°49,470'W	00-10 cm	C11
				10-20 cm	C12
				20-30 cm	C13
Meia encosta (C2)	Neossolo Regolítico Eutrófico típico	25%	29°33,551'S 53°49,509'W	00-10 cm	C21
				10-20 cm	C22
				20-30 cm	C23
Encosta inferior (C3)	Neossolo Regolítico Eutrófico típico	35%	29°33,584'S 53°49,547'W	00-10 cm	C31
				10-20 cm	C32
				20-30 cm	C33
Lavoura					
Topo (L1)	Neossolo Regolítico Eutrófico típico	65%	29°33,502'S 53°49,399'W	00-10 cm	L11
				10-20 cm	L12
				20-30 cm	L13
Meia encosta (L2)	Neossolo Regolítico Eutrófico típico	30%	29°33,469'S 53°49,449'W	00-10 cm	L21
				10-20 cm	L22
				20-30 cm	L23
Encosta inferior (L3)	Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico	20%	29°33,440'S 53°49,508'W	00-10 cm	L31
				10-20 cm	L32
				20-30 cm	L33
Floresta					
Topo (F1)	Neossolo Regolítico Eutrófico típico	65%	29°33,611'S 53°49,435'W	00-10 cm	C11
				10-20 cm	C12
				20-30 cm	C13
Meia encosta (F2)	Neossolo Regolítico Eutrófico típico	55%	29°33,630'S 53°49,449'W	00-10 cm	C21
				10-20 cm	C22
				20-30 cm	C23
Encosta inferior (F3)	Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico	40%	29°33,648'S 53°49,480'W	00-10 cm	C31
				10-20 cm	C32
				20-30 cm	C33

A área de lavoura foi implantada há aproximadamente 14 anos e encontrava-se cultivada com milho (*Zea mays*). A lavoura tem histórico de adubação e de correção da acidez do solo com calcário. O manejo empregado é o de pousio em pequenas parcelas associado à queimada dos restos culturais. Os implementos utilizados consistem no uso de arado movido por tração animal e de semeador manual. Utiliza-se o sistema de preparo convencional do solo.

A área de capoeira é composta predominantemente por gramíneas entremeadas de outras espécies rasteiras e foi formada há cerca de 10 anos. Esta área não é nativa e já foi utilizado como lavoura, apresentando histórico de

adubação. Na área, emprega-se queima das gramíneas após roçada da vegetação e pastoreio de gado com baixa intervenção humana.

Para o uso Floresta buscou-se uma área que fosse representativa e que apresentasse características comuns dos fragmentos florestais da região. A vegetação natural corresponde a Floresta Estacional Decidual, sendo composta por espécies de pequeno, médio e grande porte. A associação de áreas com alta declividade e solos pedregosos impõe restrições ao desenvolvimento do sistema radicular e a estabilização de árvores com estrutura vertical e horizontal de grandes dimensões. Desta maneira, as espécies de pequeno porte apresentam maiores vantagem nessas condições, como é o caso da *Trichilia claussenii*, que apresenta abundância elevada e posição dominante no estrato vertical nesse tipo de ambiente (SCIPICIONI, 2008). Em levantamento florístico de comunidades arbóreas-arbustivas na Floresta Estacional Decidual, Scipicioni (2008) relata que as famílias mais representativas na região são *Fabaceae* com nove espécies, seguida por *Salicaceae*, *Lauraceae*, *Meliaceae*, *Myrtaceae*, *Rutaceae* e *Sapindaceae* com quatro espécies e *Euphorbiaceae* com três espécies.

A região foi percorrida para identificação e elaboração de um Modelo Digital de Elevação (MDE) que representasse as diferentes feições geomorfológicas e variações de declividade da paisagem. O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi gerado a partir de diferenças de níveis obtidas pela técnica de posicionamento global, em um levantamento do tipo relativo semi-cinemático (*stop and go*) com 30 segundos de observação por ponto. Foi utilizado um par de receptores Promark II do fabricante Ashtech, tendo sido coletada e processada a portadora L1. A geração do MDE foi realizada nos softwares Surfer 8.0 (*Golden Software Inc. 2002*) e ArcGIS 9.1 (*ESRI Inc. 2005*).

O MDE foi elaborado a partir de dados coletados na área de capoeira e na lavoura. No uso floresta, a densa cobertura vegetal não possibilitou a execução desta tarefa afetando o sinal dos receptores. Desta maneira, os dados coletados nestes pontos foram obtidos com o auxílio de um clinômetro. As toposseqüências sob diferentes usos possuem aproximadamente 300 m de comprimento e altitude média de 300 m podendo chegar até 350 m nas cotas mais altas. Os três usos da terra estão distribuídos em uma área de aproximadamente 300 X 500 m totalizando 15 hectares. A área caracteriza-se por duas formas de relevo. A forma convexa que

ocorre nas posições mais elevadas (topo da paisagem) seguido de uma seqüência linear constituída pelos segmentos meia encosta e encosta inferior (Figura 4).

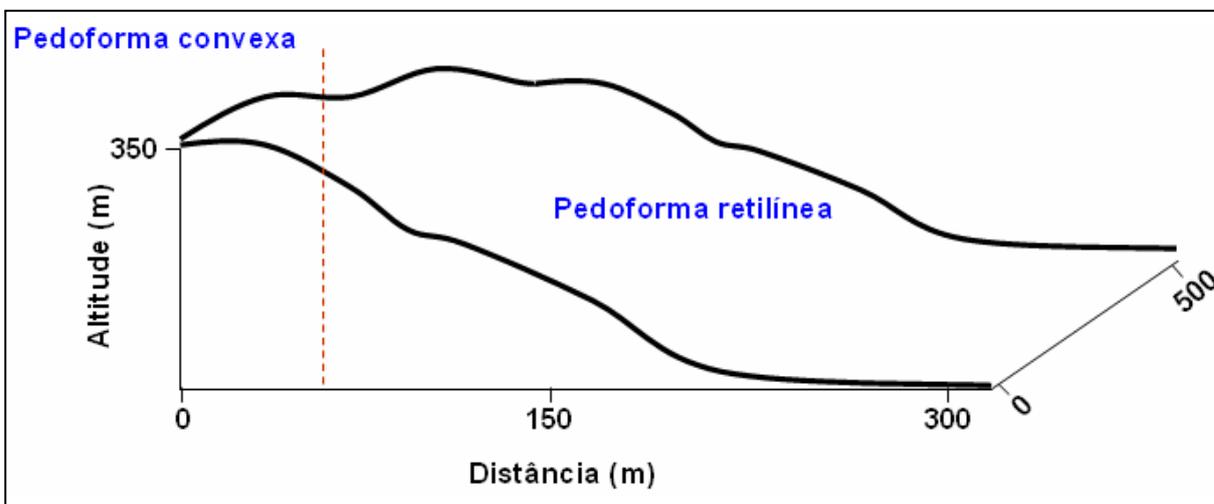


Figura 4 – Perfil altimétrico abrangendo as pedoformas convexa e linear da área de estudo no município de Itaara (RS).

5.2 COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO

As amostras de solo para análises morfológicas, físicas (granulometria) e químicas foram coletadas com o auxílio de uma faca e bandejas plásticas em cada horizonte e camada do perfil de solo.

Para análise da MOS, as profundidades amostradas foram de 0-10; 10-20; 20-30 cm para cada uso (lavoura, capoeira e floresta) e posição na paisagem. Foram realizadas três repetições a campo para cada uso e posição da paisagem. As repetições distaram aproximadamente quatro metros entre si, buscando verificar as variações dentro do mesmo uso e da mesma feição geomorfológica.

5.3 PREPARO DA AMOSTRA DE SOLO

Realizou-se nas amostras de solo uma limpeza manual para a retirada de raízes e restos de plantas. Após, as amostras foram destorroadas manualmente e secas ao ar. Em seguida, foram passadas em conjunto de peneira de malha 20 mm (em cima) e 2 mm (em baixo). Este procedimento visa separar as amostras em duas frações: grosseira (> 2 mm) e fina (< 2 mm), conforme Santos et al. (2005).

5.4 ANÁLISES FÍSICAS

A composição granulométrica da fração fina foi determinada após dispersão das amostras com NaOH 0,1 mol L⁻¹ e agitação mecânica por 4 horas. A fração areia foi separada por tamisação úmida em peneira com malha de 0,053 mm. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta e o silte calculado por diferença (EMBRAPA, 1997). Os teores de argila dispersa em água foram obtidos pelo método descrito pela Embrapa (1997).

A composição granulométrica da fração grosseira foi obtida em amostras secas em estufa de circulação forçada de ar (40°C) e separadas nas classes granulométricas, por peneiramento a seco segundo Santos et al. (2005) (Tabela 2).

Tabela 2. Classes granulométricas segundo Santos et al. (2005).

Classes granulométricas	Diâmetro (mm)	
Fração grosseira	Matacão	> 200
	Calhaus	200 - 20
	Cascalho	20 - 2
Fração fina (terra fina)	Areia	2 – 0,05
	Silte	0,05 – 0,002
	Argila	< 0,002

5.5 ESTABILIDADE DE AGREGADOS

As amostras foram coletadas em diferentes usos da terra (lavoura, capoeira e floresta) nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Foram realizadas três repetições de campo, cada uma distando aproximadamente quatro metros uma da outra. Em laboratório, as amostras foram secas ao ar até atingir o ponto de friabilidade, quando foram destorroadas manualmente com força no sentido da tração para evitar compressão dos agregados. Após, foram passadas em peneira de malha 8 mm e acondicionadas em caixa de madeira para secagem ao ar. Os fragmentos de plantas, cascalhos e calhaus foram excluídos das amostras.

Para a determinação da estabilidade dos agregados do solo utilizou-se o método de Kemper; Chepil (1965) modificado por Silva; Mielniczuk (1997),

consistindo na separação dos agregados em classes de tamanho pela dispersão e peneiramento em meio úmido e seco.

5.5.1 PENEIRAMENTO VIA ÚMIDO

As amostras já transpassadas em malha 8 mm foram homogeneizadas, pesando-se três sub-amostras contendo 25 g de agregados e terra solta. Uma das amostras foi levada à estufa a 105°C deixando-se nesta temperatura por 48 horas onde foi determinada a umidade volumétrica residual. Após, foram colocadas sobre conjunto de peneiras com malhas de 4,76; 2,00; 1,00 e 0,21 mm, sobrepostas nesta ordem. A seguir, ajustou-se o nível da água, de modo que os agregados contidos na peneira superior fossem umedecidos por capilaridade (durante 10 minutos). Em um agitador vertical as amostras receberam 30 oscilações por minuto, de 3,8 cm de amplitude durante 10 minutos.

O material retido em cada peneira foi transferido com o auxílio de jatos de água para latas de alumínio e levado para a estufa a 105°C por 24 horas onde se determinou a massa seca. Os agregados da classe menor que 0,21 mm foram determinados por diferença, tomando-se o peso inicial da amostra menos a umidade residual e o peso das demais classes. Com isso, obteve-se 5 classes de agregados. Na seqüência, o material retido em cada peneira foi disperso com NaOH 2%. Após dispersão foram colocadas em latas e secas em estufa a 105°C para determinação da massa. Esse procedimento visa descontar a massa das partículas individuais de mesmo tamanho dos agregados, obtendo-se apenas a massa de agregados correspondente à respectiva classe de tamanho.

5.5.2 PENEIRAMENTO A SECO

Três sub-amostras de 25 g foram preparadas conforme descrito em peneiramento via úmido. Estas foram colocadas em um conjunto de peneiras com malhas de 4,76; 2,00; 1,00 e 0,21 mm, nesta ordem. As amostras foram agitadas horizontalmente para frente por 15 vezes. Logo a seguir, o conjunto recebeu um giro de 90° e o processo de agitação foi repetido por mais 15 vezes. O conteúdo de cada peneira foi transferido para latas e pesado. Em seguida foram lavados com NaOH

2% para retirada da massa de partículas individuais conforme descrito em peneiramento via úmido.

O índice de estabilidade dos agregados refere-se à capacidade dos agregados em resistir à energia de desagregação. Quanto mais próximo da unidade, maior é a resistência à desagregação. Este índice foi obtido pela divisão do diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados estáveis em água pelo diâmetro médio geométrico (DMGs) obtido por peneiramento a seco dos agregados. A porcentagem de agregados por classe de tamanho (AGR_i), o diâmetro médio geométrico e o diâmetro médio ponderado (DMP) foram calculados pelas seguintes expressões:

$$AGR_i (\%) = MA_i / MAT \cdot 100, \text{ onde:}$$

AGR_i = Massa de agregados por classe;
MA_i = massa de agregados da classe i;
MAT = massa total de agregados.

$$DMG = \exp (\Sigma (MA_i \ln (d_i) / MAT)), \text{ onde:}$$

DMG = Diâmetro médio geométrico;
MA_i = massa de agregados da classe i;
ln = logaritmo neperiano;
d_i = valor médio de diâmetro;
MAT = massa total de agregados.

$$DMP = (\Sigma (MA_i d_i / MAT)), \text{ onde :}$$

DMP = Diâmetro médio ponderado;
MA_i = massa de agregados da classe i;
d_i = valor médio de diâmetro;
MAT = massa total de agregados.

5.6 ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas foram determinadas de acordo com a metodologia preconizada pela Embrapa (1997). A acidez ativa do solo foi inferida pelo pH determinado em água destilada na relação solo:água de 1:2,5. Os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis foram determinados por espectroscopia de absorção atômica após extração com KCl 1,0 mol L⁻¹. O Al³⁺ trocável foi extraído com solução de KCl 1,0

mol L⁻¹ e titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹. O Na⁺ e K⁺ trocáveis foram extraídos com solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹ e seus teores determinados por fotometria de chama; a acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) foi determinada em extrato de Ca(OAC)₂ 1,0 mol L⁻¹ a pH 7,0 e titulado com NaOH 0,0606 mol L⁻¹. A partir dos dados analíticos foi calculada a capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + (H⁺ + Al³⁺)) e a saturação por bases (S.100/CTC_{pH 7,0}).

O ferro dos óxidos de baixa cristalinidade (Fe_o) foi obtido pela extração em solução ácida de oxalato de amônio 0,2 mol L⁻¹ no escuro (SCHWERTMANN, 1964), sendo os teores de Fe_o determinados por espectrofotometria de absorção atômica. A extração dos óxidos e oxihidróxidos de Fe pedogênicos cristalinos (Fe_d) seguiram metodologia preconizada por Mehra; Jackson (1960). O ferro de maior cristalinidade foi extraído com solução aquecida a 75°-80°C, de citrato tribásico de sódio dihidratado, como agente complexante, tamponada a pH 7,3 pelo bicarbonato de sódio, na qual foi adicionado ditionito de sódio em pó (Na₂S₂O₄) como agente redutor. O teor de Fe_d no sobrenadante foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica.

Os teores de carbono orgânico total (C_T) dos horizontes pedogenéticos e nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm foram quantificados segundo metodologia da Embrapa (1997), com a matéria orgânica oxidada com solução de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,4 mol L⁻¹ em presença de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado. Após aquecimento em bloco de digestão, o excesso de dicromato foi titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal (Fe(NH₄)(SO₄)₂6H₂O) 0,1 mol L⁻¹ em presença de indicador difenilamina.

5.7 EXTRAÇÃO, FRACIONAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS COM SOLUÇÃO 0,5 mL L⁻¹

As substâncias húmicas foram fracionadas quimicamente, segundo método de Swift (1996) adaptado por Dick et al. (1998). A 0,8 g de solo foram adicionadas 30 mL de HCl 0,5 mol L⁻¹ e a suspensão foi agitada por duas horas. Após centrifugação (3.500 rpm, por 10 minutos), o sobrenadante foi separado e armazenado. Este procedimento foi repetido três vezes, obtendo-se nesta etapa o extrato ácido contendo matéria orgânica de baixo peso molecular. O volume final dos extratos foi medido.

Em seguida, o resíduo foi submetido a tratamento com 30 ml de NaOH 0,5 mol L⁻¹ sob agitação de três horas. O extrato alcalino foi separado por centrifugação (3.500 rpm, por 10 minutos) e o procedimento foi repetido até o extrato estar incolor. O volume final do extrato alcalino foi medido e uma alíquota de 10 ml foi separada para análise posterior do teor de carbono correspondente às substâncias húmicas solúveis (SH). A solução alcalina foi acidificada a pH 2,0 com HCl 0,1 mol L⁻¹. Depois de 24 horas de repouso, a fração de ácidos fúlvicos (AF) (sobrenadante) foi separada por centrifugação. O volume final dos extratos foi medido e uma alíquota de 10 ml foi separada para análises posteriores de carbono.

Os teores de carbono no extrato ácido (C_{HCl}), no extrato das substâncias húmicas solúveis (C_{SH}) e no extrato de ácidos fúlvicos (C_{AF}) foram quantificados determinando-se a absorbância a 580 nm após oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio em meio ácido a 60° C durante 4h (DICK et al., 1998). A curva padrão foi feita com solução de glicose nas seguintes concentrações de C: 0, 20, 50, 100, 120, 180 e 200 ppm. As quantidades de matéria orgânica de baixo peso molecular, de substâncias húmicas solúveis e de ácidos fúlvicos foram estimadas pelos valores obtidos em C_{HCl}, C_{SHs} C_{AF} respectivamente, considerando que nos extratos estas são as únicas formas presentes de carbono (DICK et al., 1998). O teor de carbono devido aos ácidos húmicos foi inferido a partir da equação C_{AH} = C_{SHs} - C_{AF}, onde C_{AH} representa o teor de carbono sob a forma de ácidos húmicos. Para a obtenção do teor de carbono presente na forma de huminas (C_{HU}) empregou-se a fórmula: C_{HU} = C_T - (C_{SHs} + C_{HCl}), onde C_T corresponde ao teor de carbono orgânico total. O Índice de humificação (IH) proposto por Canellas; Santos (2005) foi calculado através da seguinte fórmula: IH = (C_{AH} + C_{AF} + C_{HU}) / C_T. Este índice permite inferir a proporção de matéria orgânica humificada em relação ao teor de carbono orgânico total do solo.

5.7.1 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE Fe⁺³ E DE Al⁺³ CO-EXTRAÍDOS COM AS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

Após fracionamento químico das substâncias húmicas, determinou-se os teores de Fe⁺³ e de Al⁺³ nos extratos de HCl (Fe_{HCl}, Al_{HCl}), de NaOH (Fe_{SH}, Al_{SH}), e de AF (Fe_{AF}, Al_{AF}) por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de Fe⁺³ no

extrato dos AH foi inferido através da seguinte fórmula: $Fe_{AH} = Fe_{SH} - Fe_{AF}$. Para o alumínio utilizou-se a fórmula: $Al_{AH} = Al_{SH} - Al_{AF}$.

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise estatística multivariada. Empregou-se o método de Análise dos Componentes Principais produzidos por matrizes de características físicas e químicas do solo, o qual permite a ordenação das amostras em relação a um ou mais eixos principais, indicando as relações entre os componentes analisados. Para isso, utilizou-se o programa STATÍSTICA (Versão 6,0).

Verificou-se a existência de inter-relações entre os dados obtidos através de correlações lineares, empregando-se o coeficiente de correlação (r) com nível de significância de 5%. Os teores de carbono do extrato das substâncias húmicas solúveis e do extrato dos ácidos húmicos foram correlacionados com os teores de cálcio e magnésio das camadas analisadas.

Através de Delineamento Inteiramente Casualizado em arranjo trifatorial analisaram-se os níveis de significância dos fatores Profundidade, Uso da terra e Relevo a fim de verificar a existência de interação destes com às variáveis C_{HCl} (matéria orgânica de baixo peso molecular), C_{SH} (substâncias húmicas solúveis); C_{AF} (ácidos fúlvicos), C_{AH} (ácidos húmicos) e C_{HU} (huminas).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 ASPECTOS AMBIENTAIS E CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS ESTUDADOS

Os Neossolos estudados apresentaram seqüência de horizontes A, Cr e A, Cr/A, Cr (Tabela 3). Nas cotas mais elevadas da área estudada ocorreram Neossolos Regolíticos Eutrófico típico (Anexos E, F, G, H, I, K e L) enquanto nos patamares mais baixos foram encontrados Cambissolos Háplicos Ta Eutrófico típico (Anexos J e M) podendo haver associação com Neossolos. Estes resultados estão de acordo com o Levantamento de Reconhecimento de Alta Intensidade dos solos no município de Itaara (RS) (POELKING, 2007).

As áreas mais baixas representam ambientes deposicionais que permitem a formação de solos com maior profundidade efetiva e com menor contribuição da fração grosseira (Tabela 4), o que amplia seu potencial de uso em atividades agropastoris. No topo e meia encosta, o relevo variou entre forte ondulado a montanhoso nos diferentes usos da terra (Tabela 3). Segundo Streck et al. (2008), áreas de maior declividade, como as observadas no Rebordo do Planalto (RS), possuem baixa aptidão de uso, sendo indicadas apenas para culturas perenes e preservação da fauna e da flora. Na encosta inferior, o relevo oscilou entre suave ondulado a forte ondulado.

No presente estudo, apenas na área de capoeira foi observado a ocorrência de erosão laminar (Anexos E e F), a qual pode estar associada ao manejo de roçada da vegetação com posterior queima da resteva. Esta prática agrícola aumenta a susceptibilidade do agroecossistema à erosão hídrica em função da perda de cobertura vegetal (STRECK et al., 2008). Poelking (2007) determinou os graus de limitação por susceptibilidade à erosão no município de Itaara (RS) relacionando-os com os níveis de declividades segundo Ramalho Filho; Beek (1995). Neste estudo, observou que aproximadamente 45% das áreas de Itaara (RS) apresentam relevo superior ao ondulado, sendo assim, a adoção de práticas agrícolas conservacionistas que visam à proteção e à manutenção da estrutura do solo são de fundamental importância.

A estrutura é uma característica morfológica que varia de um solo para outro e também entre os horizontes de um mesmo solo (SCHNEIDER et al., 2007). Foi observada estrutura fraca apenas para os Neossolos e estrutura forte apenas em Cambissolos (Tabela 3). Há grande variabilidade no tamanho dos agregados entre os perfis estudados nas topossequências. Entretanto, a variação é menor quando se analisa dentro do mesmo perfil de solo. Estudando Neossolos derivados de rochas vulcânicas em uma lito-climosequência no RS, Pedron (2007) também encontrou maior variação no tamanho dos agregados entre os perfis analisados. No entanto, os resultados obtidos por Stürmer (2008) para Neossolos do Rebordo do Planalto na região central do RS não evidenciaram essa variação.

A estrutura forte em blocos angulares e subangulares presente na encosta inferior da floresta (F3) pode estar relacionada à expansão e contração alternadas dos horizontes mais argilosos e à iluviação de argilas (SCHNEIDER et al., 2007). A formação inicial de microagregados está relacionada à interação de partículas individuais de solo com agentes cimentantes como argilominerais, óxidos e matéria orgânica (TISDAL; OADES, 1982). Em um segundo momento, pode haver a influência do crescimento de raízes, o que determina a formação de estruturas mais complexas e diversificadas como os macroagregados (SALTON, 2005). Esta relação pode ser observada nos perfis localizados na meia encosta da área de capoeira (C2) e topo da floresta (F1) (Tabela 3). O horizonte A destes perfis apresentou maior quantidade de raízes, auxiliando na estruturação em blocos dos agregados. Já nos horizontes subsuperficiais (Cr/A e Cr) destes perfis, ocorre menor quantidade de raízes e, portanto, a formação de estruturas menores, determinando a forma granular.

Tabela 3 - Principais características morfológicas dos solos da área de estudos.

Hz	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Estrutura		Raízes
			Grau	Forma	
Capoeira					
<u>C1 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico - relevo forte ondulado a montanhoso</u>					
A	0 - 12	10YR 3/2	Moderada a forte	Blocos angulares e subangulares	Comuns
Cr/A	12 - 60	7,5YR 3/2	Moderada	Granular e blocos subangulares	Poucas
Cr1	60 - 80	5YR 3/4	Moderada	Granular e blocos subangulares e	Raras
Cr2	80 - 100+	10YR 5/8	-	-	Raras
<u>C2 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico - relevo forte ondulado</u>					
A	0 - 13	7,5YR 3/2	Moderada	Blocos angulares e subangulares	Muitas
Cr/A	13 - 75	5YR 3/4	Moderada	Granular	Poucas
Cr	75 - 105+	5YR 3/3	Fraca	Granular	Raras
<u>C3 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico - relevo suave ondulado</u>					
A	0 - 15	7,5YR 3/2	Moderada	Granular e blocos subangulares	Abundantes
Cr/A	15 - 45	7,5YR 3/2	Moderada	Granular	Comuns
Cr	45 - 110+	10YR 5/3	Fraca	Granular	Raras
Lavoura					
<u>L1 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico - relevo montanhoso</u>					
A	0 - 14	5YR 3/2	Moderada a fraca	Blocos angulares e subangulares	Muitas
Cr/A	14 - 44	7,5YR 3/2	Moderada a fraca	Blocos angulares e subangulares	Comuns
Cr	44 - 90+	7,5YR3/3	Moderada a fraca	Blocos angulares e subangulares	Poucas
<u>L2 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico - relevo forte ondulado</u>					
A	0 - 15	7,5YR 3/2	Fraca	Blocos subangulares	Muitas
Cr	15 - 80+	5YR 3/3,5	Fraca	Blocos subangulares	Comuns
<u>L3 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico - relevo suave ondulado</u>					
A	0 - 38	5YR 3/5	Moderada a forte	Blocos angulares e subangulares	Comuns
Bi	38 - 60+	2YR 3/5	Moderada a forte	Blocos angulares e subangulares	Poucas
C	60 - 95+	7,5YR 3/5	Forte	Blocos angulares e subangulares	Raras
Floresta					
<u>F1- Neossolo Regolítico Eutrófico típico - relevo montanhoso</u>					
A	0 - 18	7,5YR 4/2	Moderada	Granular e blocos subangulares	Muitas
Cr/A	18 - 80	7,5YR 2,5/3	Moderada	Granular	Comuns
Cr	80 - 100+	5YR 4/4	Moderada	Granular e blocos subangulares	Poucas
<u>F2 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico - relevo montanhoso</u>					
A	0 - 18	5YR 3/2	Moderada a fraca	Granular e blocos subangulares	Muitas
Cr/A	18 - 43	7,5YR 3/4	Moderada a fraca	Granular	Muitas
Cr	43 - 85+	7,5YR 2,5/3	Moderada a fraca	Granular	Muitas
<u>F3 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico - relevo forte ondulado</u>					
A	0 - 14	5YR 3/3	Forte	Blocos angulares e subangulares	Muitas
AB	14 - 41	5YR 3/3	Forte	Blocos angulares e subangulares	Comuns
Bi	41 - 65	2,5YR 3/3	Forte	Blocos angulares e subangulares	Comuns
C	65 - 100+	10YR 5/6	Forte	Blocos angulares e subangulares	Poucas

As diferentes feições geomorfológicas da área de estudo estão representadas no Modelo Digital de Elevação (MDE) (Figura 5). A área caracteriza-se por drenar águas para o Rio Ibicuí-Mirim, possuindo altitude média de 300 m e diferentes declividades. Segundo Maciel Filho (1990), as áreas do rebordo podem alcançar até 475 metros de altitude. As maiores declividades para o topo, meia encosta e encosta inferior foram encontradas na floresta. Neste uso e na lavoura, a declividade média do topo foi de 65% (Tabela 1), enquanto na área de capoeira a declividade média é da ordem de 45% (Figura 5). Segundo Conama nº. 303 (2002), em áreas com declividade superior a 45% recomenda-se a manutenção da cobertura vegetal original, constituindo-se Áreas de Preservação Permanente (APP). O Código Florestal Brasileiro através da Lei nº 4.771/65 regulamenta a proibição da derrubada de florestas situadas em áreas de inclinação entre 47% a 100%, permitindo apenas, a extração de toras quando em regime de utilização racional que vise rendimentos permanentes (BRASIL, 1965).

Na posição mais baixa do terreno, a declividade variou de 20% (lavoura) a 40% (floresta) (Tabela 1). Segundo Streck et al. (2008), em áreas com declividade < 15% os Neossolos Regolíticos podem ser cultivados mediante práticas intensivas de conservação, com mínima mobilização do solo, mediante uso de cordão de contorno, plantio direto e cobertura permanente do solo. Em áreas com declividade entre 15 e 25%, o uso mais indicado é pastagem permanente.

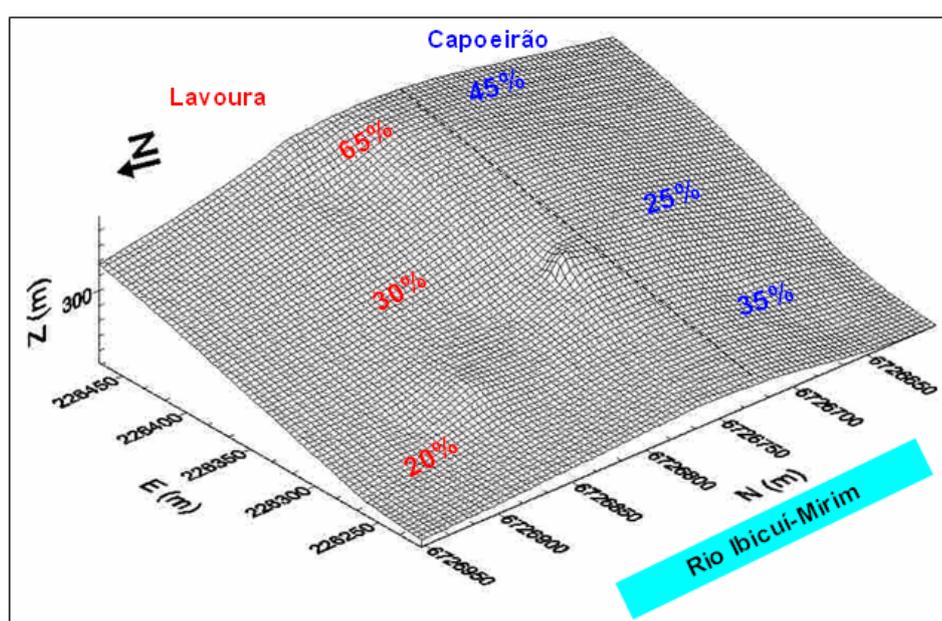


Figura 5 - Modelo Digital de Elevação da área de estudo no município de Itaara (RS).

Os dados referentes à granulometria da fração total (Tabela 4) mostram grande variabilidade entre os perfis estudados. A contribuição dos fragmentos grosseiros em Neossolos variou desde 487 g kg⁻¹ no Hz A do C3 a 986 g kg⁻¹ no Hz Cr do C1. Para os Cambissolos, a variação ficou entre 106 g kg⁻¹ no Hz Bi do L3 a 345 g kg⁻¹ no Hz A do F3. Percebe-se para os três usos da terra que nas cotas mais baixas do terreno ocorrem aumentos significativos da fração terra fina (< 2 mm), o que propicia a formação de solos com maior teor de argila, como observados na encosta inferior da lavoura (L3) e da floresta (F3). Resultado semelhante indicando importante papel do relevo na distribuição dos materiais foi obtido por Reis et al. (2007) ao estudarem a variação da composição granulométrica e orgânica do solo em uma toposseqüência da microrregião de Marabá (PA). A espessura do horizonte A dos três perfis de Neossolos da área de capoeira apresentou pequena variação ficando entre 12 a 15 cm (Tabela 3), entretanto, a contribuição da fração terra fina mostrou variação significativa do C1 para o C2 e do C1 para o C3. Isto evidencia que a posição do perfil na paisagem tem importante papel na distribuição das frações mais finas na toposseqüência estudada.

Todos os perfis enquadram-se entre as classes texturais franca a franco silteosa. Quando ocorrem estas classes texturais, a relação silte/argila pode auxiliar na mensuração do estágio de intemperismo do solo (EMBRAPA 2006). Valores menores que 0,7 indicam alto grau de intemperização e valores superiores, pequeno grau de intemperização. Todos os perfis apresentaram índices maiores ou iguais à (1,3), ou seja, com baixo grau de alteração do material de origem. Estes dados corroboram com os trabalhos de Pedron (2007) e Stürmer (2008) para Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas do RS.

Em relação ao teor de argila, o horizonte Bi do perfil L3 apresentou o maior teor de argila total (349 g kg⁻¹) enquanto o horizonte Cr₂ do perfil C1 apresentou o menor teor (121 g kg⁻¹). Analisando solos sob mesmo uso, porém em diferentes posições da paisagem, observa-se que a encosta inferior sempre apresenta maior teor de argila total e argila natural. De acordo com Campos et al. (2007), as superfícies geomórficas definem o comportamento dos fluxos de água, as taxas de intemperismo e o grau de desenvolvimento do solo. Assim, os dados granulométricos sugerem que o relevo mais declivoso do topo dificultou o intemperismo dos materiais, favorecendo a perda das frações mais finas para áreas deposicionais.

Tabela 4 – Características granulométricas dos perfis estudados.

Hz	Granulometria Fração total			Granulometria terra fina				Silte/argila
	Cascalho + calhaus	Terra fina	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total	Argila natural	
-----gKg ⁻¹ -----								
Capoeira								
<u>C1 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>								
A	846	154	25	144	639	192	88	3,3
Cr/A	907	93	13	171	641	175	116	3,7
Cr ₁	952	48	6	180	687	127	87	5,4
Cr ₂	778	222	5	214	660	121	89	5,5
<u>C2 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>								
A	771	229	31	198	575	196	92	2,9
Cr/A	947	53	19	197	579	205	147	2,8
Cr	887	113	11	240	586	163	141	3,6
<u>C3 - Neossolo Regolítico eutrófico típico</u>								
A	487	513	135	225	438	202	98	2,2
Cr/A	852	148	13	199	571	217	139	2,6
Cr	826	174	105	205	534	156	99	3,4
Lavoura								
<u>L1 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>								
A	561	439	18	274	549	159	83	3,4
Cr/A	671	329	21	276	517	186	107	2,8
Cr	829	171	18	294	500	188	127	2,7
<u>L2 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>								
A	732	268	115	269	430	186	71	2,3
Cr	775	225	101	292	395	212	124	1,9
<u>L3 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico</u>								
A	339	661	77	234	486	203	94	2,4
Bi	106	894	43	163	445	349	260	1,3
C	287	713	16	185	463	336	253	1,4
Floresta								
<u>F1 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>								
A	728	272	61	294	470	175	73	2,7
Cr/A	743	257	37	304	493	166	108	3,0
Cr	683	317	33	250	497	220	171	2,3
<u>F2 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>								
A	788	212	156	276	434	134	50	3,2
Cr/A	876	124	78	330	460	132	76	3,5
Cr	986	14	96	377	388	139	102	2,8
<u>F3 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico</u>								
A	345	655	81	247	485	187	123	2,6
AB	265	735	98	298	415	189	134	2,2
Bi	275	725	43	296	454	207	147	2,2
C	287	713	1	259	491	249	200	2,0

Na Tabela 5 encontram-se os atributos químicos dos horizontes dos solos analisados nas três toposseqüências sob diferentes usos (capoeira, lavoura e floresta) e posições da paisagem (topo, meia encosta e encosta inferior).

Para a área de capoeira, observa-se maior teor de C_T (3,2%) na meia encosta (C2), onde a declividade foi da ordem de 25%. O horizonte A do topo da paisagem (C1) apresentou menor teor de C_T (2,0%) do que a meia encosta (C2). Isto pode estar relacionado à maior declividade do topo (45%), a qual segundo Silva et al. (2007) favorece as perdas de materiais e conseqüente menor acúmulo de matéria orgânica nesta posição. Na floresta, entretanto, o topo da paisagem (F1) destaca-se pelo maior valor de C_T (4,6%), sendo superior aos demais ambientes avaliados. Isto pode estar relacionado ao efeito do dossel florestal que reduz o impacto das gotas de chuva minimizando o efeito de perdas e pela deposição de resíduos vegetais através da liteira.

Cunha et al. (2001) verificaram diferenças nos teores de C_T ao estudar solos sob cultivo agrícola e vegetação natural. Atribuíram as variações observadas à degradação da cobertura vegetal e ao reduzido aporte de compostos orgânicos. Neste sentido, Fontana et al. (2001) estudando solos de tabuleiro na região Norte Fluminense (RJ) destacaram que os maiores teores de C_T em áreas florestais relacionam-se a grande quantidade de resíduos incorporados ao solo através da liteira. Na lavoura, o teor de C_T oscilou entre 3,2 a 3,9 % para os Neossolos, estando abaixo dos resultados obtidos para floresta (4,3 a 4,6%) e acima dos alcançados na a área de capoeira (2,0 a 3,2%) para a mesma classe de solos.

Analisando solos na mesma posição da paisagem, porém sob diferentes usos, nota-se que a floresta propicia elevados teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e saturação por bases (V%) no horizonte A, comparativamente aos demais usos. Segundo Fontana et al. (2001), isto se deve ao maior aporte de resíduos depositados na camada superficial do solo através da liteira. Os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} obtidos para a floresta são superiores aos relatados por Stürmer (2008), entretanto, a variação obtida para a área de capoeira, no presente estudo, é muito próxima da observada pelo referido autor, que constatou valores entre 2,7 a 19,2 $cmol_c kg^{-1}$ para o Ca^{+2} e de 1,9 a 6,2 $cmol_c kg^{-1}$ para o Mg^{+2} . Neste trabalho, o Ca^{+2} oscilou entre 2,9 a 17,8 $cmol_c kg^{-1}$ e o Mg^{+2} variou entre 1,9 a 6,0 $cmol_c kg^{-1}$, sob o uso capoeira.

Tabela 5 - Atributos químicos dos perfis estudados.

Hz	pH (H ₂ O)	C _T (%)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	H+Al	CTC _{ef.}	CTC _{pH 7,0}	V (%)
			cmol _c kg ⁻¹								
Capoeira											
<u>C1 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>											
A	5,8	2,0	8,4	2,3	0,31	0,07	0,1	4,9	11,2	16,1	69
Cr/A	6,2	1,6	6,6	2,6	0,47	0,05	0,1	2,7	9,8	12,5	78
Cr ₁	5,8	1,0	4,1	3,5	0,55	0,06	0,5	3,3	8,7	12,0	73
Cr ₂	5,5	0,4	2,9	3,0	0,57	0,06	2,5	4,9	9,0	13,9	65
<u>C2 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>											
A	6,3	3,2	8,4	3,1	0,72	0,05	0,2	5,2	12,5	17,7	71
Cr/A	6,0	0,9	6,0	1,9	0,53	0,05	0,2	3,1	8,7	11,8	74
Cr	6,2	1,1	7,6	3,4	0,65	0,06	0,2	2,6	11,9	14,5	82
<u>C3 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>											
A	5,6	2,5	16,3	3,1	0,60	0,05	0,1	5,6	20,1	25,7	78
Cr/A	5,7	2,0	14,9	3,3	0,40	0,06	0,2	4,5	18,9	23,4	81
Cr	5,6	1,0	17,8	6,0	0,50	0,06	0,4	3,7	24,8	28,5	87
Lavoura											
<u>L1 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>											
A	6,5	3,2	9,2	5,6	1,02	0,05	0,1	2,8	16,0	18,8	85
Cr/A	6,3	2,4	10,3	4,9	0,69	0,06	0,2	3,1	16,1	19,2	84
Cr	6,4	1,7	9,4	5,6	0,72	0,07	0,1	2,4	16,0	18,4	87
<u>L2 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>											
A	6,4	3,9	10,3	3,4	1,00	0,06	0,1	4,0	14,9	18,9	79
Cr	6,2	1,7	10,2	3,3	0,52	0,07	0,2	3,5	14,3	17,8	80
<u>L3 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico</u>											
A	6,0	2,4	6,9	2,9	0,53	0,06	0,1	4,2	10,5	14,7	71
Bi	5,8	0,9	5,5	4,7	0,21	0,13	0,2	3,6	10,7	14,3	75
C	5,4	0,6	11,8	4,8	0,32	0,11	1,5	4,0	18,5	22,5	82
Floresta											
<u>F1 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>											
A	5,6	4,6	13,4	4,7	0,94	0,06	0,2	2,1	19,3	21,4	90
Cr/A	5,3	3,2	7,2	2,2	0,57	0,08	0,2	2,1	10,2	12,3	83
Cr	5,2	1,1	9,0	4,9	0,25	0,10	0,2	2,2	14,4	16,6	87
<u>F2 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico</u>											
A	5,6	4,3	25,2	6,6	0,69	0,53	0,2	2,1	33,2	35,3	94
Cr/A	5,4	3,5	16,0	5,1	0,75	0,07	0,2	2,5	22,9	25,4	90
Cr	5,5	1,8	16,6	8,4	0,67	0,08	0,2	2,8	26,0	28,8	90
<u>F3 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico</u>											
A	5,5	3,3	20,0	11,2	0,81	0,06	0,2	4,7	32,3	37,0	87
AB	5,3	2,5	15,7	9,9	0,20	0,07	0,2	4,2	26,1	30,3	86
Bi	5,4	1,4	25,9	15,8	0,47	0,08	1,7	5,9	44,0	49,9	88
C	5,2	1,2	30,7	16,6	0,21	0,12	4,8	9,9	52,4	62,3	84

Os valores de pH na floresta oscilaram entre 5,2 a 5,6. Na lavoura, os valores ficaram entre 5,4 a 6,5. Estes elevados valores de pH da lavoura possivelmente estão associados ao emprego de calagem para correção da acidez do solo. No uso capoeira, os valores de pH oscilaram entre 5,5 a 6,3 estando próximos da variação obtida por Stürmer (2008) que encontrou valores entre 4,9 a 6,6 para Neossolos Regolíticos do Rebordo do Planalto (RS).

O Al^{+3} trocável aumentou em profundidade nos perfis C1, L3 e F3. Nota-se que devido o aumento do pH nos horizontes superficiais ocorre a diminuição da disponibilidade deste elemento. De acordo com o SBCS (2004), todos os valores encontrados para a $CTC_{pH\ 7,0}$ nos ambientes amostrados são elevados.

7.1.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DAS PROFUNDIDADES

Os atributos químicos das amostras de solos coletadas nas profundidades de 0-10; 10-20 e 20-30 cm, nas três posições da paisagem (topo, meia encosta e encosta inferior) e nos três usos da terra (capoeira, lavoura e floresta), encontram-se na Tabela 6.

A análise do teor de C_T nas três toposseqüências apresentou decréscimo em profundidade. Este comportamento já era esperado, pois há pequeno revolvimento do solo nos diferentes usos. Deste modo, ocorre acúmulo de MOS em superfície, concordando com os resultados relatados por Canellas et al. (2000) que avaliaram o teor de C_T em profundidade. No uso capoeira, os maiores teores são observados na encosta inferior (C3), enquanto na lavoura este ocorre na meia encosta (L2). Já na floresta, isto se verifica no topo da paisagem (F1). Comparativamente, a floresta apresenta o maior valor de C_T (7,4%), o que pode ser explicado pela liteira no solo florestal (LOSS et al., 2006). Stürmer (2008) estudando áreas do Rebordo do Planalto (RS), também observou maiores teores de C_T sob mata natural.

Para o Ca^{+2} e Mg^{+2} observaram-se elevados teores na lavoura e na floresta. Na área de capoeira, os teores destes elementos decrescem com o aumento da profundidade. A encosta inferior deste uso (C3) possui os maiores valores para as três profundidades analisadas. Isto pode estar relacionado ao fato desta área ser uma região de ecótono (transição) com um fragmento florestal e, portanto um ambiente com alta atividade biológica, a qual pode estar favorecendo a ciclagem destes elementos (ODUM, 1988). Na lavoura, os valores mais altos destes cátions

(Ca^{+2} e Mg^{+2}) se encontram na meia encosta (L2) e no topo (L1). Isto pode estar relacionado ao emprego de calcário nestas áreas. Segundo Souza; Alves (2003), o calcário é fonte de Ca^{+2} e Mg^{+2} , o qual pode estar colaborando para elevação dos teores destas bases e, conseqüentemente, afetando a CTC potencial do solo, que acaba por reter mais cátions no complexo sortivo.

Os maiores valores para o K^+ são encontrados na lavoura ($1,23 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Este fato pode estar relacionado ao emprego de fertilizantes contendo este nutriente. Na floresta, os teores de K^+ variaram de $0,36 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na encosta inferior (F3) a $0,70 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no topo (F1). No uso capoeira, ocorreu o inverso, o maior teor se encontra na encosta inferior ($0,65 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e o menor no topo ($0,14 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

Quanto ao H+Al, os maiores valores de acidez do solo se encontram no uso capoeira, onde ocorrem os menores valores de pH. A variação da acidez do solo está entre 2,9 a 3,5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Pedron (2007) observou maior variação destes valores (2,3 a 14,8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) na lito-climosequência estudada, o que também foi verificado por Stürmer (2008) que encontrou valores oscilando entre (1,1 a 10,5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Os valores de $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ são considerados altos segundo a SBCS (2004). Os maiores valores ocorrem na floresta, seguido da lavoura e da área de capoeira. Comparativamente, os resultados deste estudo são mais semelhantes aos de Stürmer (2008) e superiores aos valores obtidos por Pedron (2007). A saturação por bases é elevada na floresta (90 a 95%) e supera os valores alcançados pelos dois pesquisadores acima citados.

Os teores de Cu^{+2} na lavoura foram relativamente mais altos do que os observados para a área de capoeira e de floresta, o que possivelmente está relacionado ao emprego de fertilizantes. Entre as posições da paisagem se observa que nas cotas mais baixas da lavoura (encosta inferior) os valores oscilaram entre 5,2 a 6,0 g kg^{-1} , enquanto no topo os valores foram menores (0,2 a 0,6 g kg^{-1}). Para o Zn^{+2} , os maiores teores se encontram na floresta (21,2 g kg^{-1}) e os menores na área de capoeira (1,7 g kg^{-1}).

Tabela 6 - Atributos químicos do solo em diferentes profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm) nos três usos da terra em Itaara (RS).

Amostra	pH água	C _T (%)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H+Al	CTC efet.	CTC pH _{7,0}	V%	Cu ⁺²	Zn ⁺²	
												cmol _c kg ⁻¹
C11	6,0	2,7	9,2	2,4	0,24	3,0	11,8	14,8	80	1,3	2,9	
C1	C12	5,9	2,0	6,7	1,5	0,15	3,1	8,4	11,5	73	1,0	7,7
	C13	5,9	1,7	6,8	1,7	0,14	2,9	8,6	11,5	75	1,0	2,6
C21	6,0	3,5	9,3	2,3	0,37	3,2	12,0	15,2	79	0,6	1,7	
C2	C22	5,4	2,3	8,3	1,3	0,28	3,5	9,9	13,4	74	1,1	2,5
	C23	5,5	2,1	8,6	1,4	0,27	3,2	10,3	13,5	76	1,6	2,5
C31	6,3	4,6	19,4	3,8	0,51	3,4	23,7	27,1	87	0,2	8,2	
C3	C32	5,7	3,7	17,0	3,3	0,65	3,5	21,0	24,5	86	0,9	9,5
	C33	5,7	2,9	14,8	3,2	0,65	3,5	18,7	22,2	84	1,1	7,4
L11	6,2	3,7	17,2	4,4	0,78	1,4	22,4	23,8	94	0,5	7,4	
L1	L12	6,1	3,3	16,9	4,3	0,63	1,5	21,8	23,3	94	0,6	9,0
	L13	6,2	3,2	17,9	4,0	0,56	1,7	22,5	24,2	93	0,2	11,3
L21	6,2	4,3	18,7	3,3	1,23	1,6	23,2	24,8	94	1,2	8,4	
L2	L22	6,1	3,3	15,6	2,3	0,35	1,3	18,2	19,5	93	5,0	2,5
	L23	5,9	3,0	17,5	2,5	0,47	1,4	20,5	21,9	94	2,0	4,7
L31	5,7	3,4	11,0	2,6	0,50	1,6	14,1	15,7	90	5,2	6,0	
L3	L32	5,6	3,1	10,1	1,8	0,28	1,7	12,2	13,9	88	5,6	4,1
	L33	5,7	2,8	10,0	1,9	0,15	1,7	12,1	13,8	88	6,0	3,8
F11	5,7	7,4	25,4	4,8	0,70	3,1	30,9	34,0	91	0,1	16,9	
F1	F12	5,8	6,0	24,8	4,4	0,48	3,3	29,7	33,0	90	0,1	21,0
	F13	5,9	5,0	22,5	4,0	0,49	3,1	27,0	30,1	90	0,3	19,0
F21	5,7	6,4	26,8	4,1	0,50	2,3	31,4	33,7	93	0,1	15,6	
F2	F22	5,9	5,4	22,2	4,1	0,69	2,1	27,0	29,1	93	0,5	3,1
	F23	5,8	2,9	16,7	3,4	0,46	2,2	20,6	22,8	90	1,6	21,2
F31	5,7	4,3	27,5	5,8	0,58	2,3	33,9	36,2	94	1,0	11,7	
F3	F32	6,0	3,5	32,0	6,1	0,40	2,2	38,5	40,7	95	1,1	11,9
	F33	5,4	2,4	14,2	4,5	0,36	1,8	19,1	20,9	91	1,4	15,4

7.2 DISTRIBUIÇÃO DE CLASSES DE TAMANHO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS

A estabilidade estrutural do solo foi representada pelo diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico a seco (DMGs), e índice de estabilidade (DMG/DMGs) dos agregados nas três profundidades, em diferentes posições na paisagem, para os três usos da terra. Na Tabela 7, observa-se que no uso capoeira ocorre a diminuição do DMP quando aumenta a profundidade no perfil de solo, independente da posição na paisagem. Os valores do DMP neste uso variaram entre 2,3 a 3,5 mm estando abaixo dos resultados relatados por Pillon (2006), que obteve valores máximos de 5,2 mm em Cambissolos analisados na Serra do Sudoeste do RS. O índice de estabilidade dos agregados não acompanhou a mesma tendência do DMP como pode ser observado para a encosta inferior (C2).

Tabela 7 - Diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), índice de estabilidade (DMG/DMGs) dos agregados e distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água nas profundidades de 0-10; 10-20 e 20-30 cm para o uso capoeira em Itaara (RS).

Uso	DMG (mm)	DMP (mm)	DMG/DMGs	Classe de agregados (mm)					
				8 - 4,76	4,76 - 2	2 - 1	1 - 0,2	< 0,2	
				----- % -----					
C1	C11	2,0	3,5	0,7	40,7	17,1	13,9	17,3	11,0
	C12	1,1	2,7	0,4	29,0	16,4	11,5	14,3	28,8
	C13	1,1	2,5	0,3	24,3	16,9	13,3	22,3	23,2
C2	C21	2,0	3,3	0,6	35,5	22,4	13,6	16,8	11,7
	C22	1,2	2,4	0,6	24,2	15,0	12,6	31,6	16,6
	C23	1,3	2,3	0,7	18,2	21,0	17,7	30,7	12,4
C3	C11	2,0	3,1	0,5	32,7	22,4	13,3	15,8	15,8
	C32	1,0	2,5	0,3	27,3	14,0	11,8	19,9	27,1
	C33	1,3	2,5	0,3	23,6	16,2	16,0	28,9	15,2

C (Capoeira); C1 (Topo); C2 (Meia encosta); C3 (Encosta inferior); C11 (Topo na prof. 0–10 cm); C12 (Topo na prof. 10–20 cm); C13 (Topo na prof. 20–30 cm); C21 (Meia encosta na prof. 0–10 cm); C22 (Meia encosta na prof. 10–20 cm); C23 (Meia encosta na prof. 20–30 cm); C31 (Encosta inferior na prof. 0–10 cm); C32 (Encosta inferior na prof. 10–20 cm); C33 (Encosta inferior na prof. 20–30 cm).

Quanto mais próximo da unidade o índice DMG/DMGs estiver, maior é a estabilidade do sistema e menor são os riscos de desestruturação dos agregados.

Valores mais elevados (0,7) são encontrados no C11 e C23, enquanto valores mais baixos (0,3) são observados no C13, C32 e C33. Esta diminuição pode estar ligada ao menor teor de agentes cimentantes e/ou a pequena interação da parte mineral com a matéria orgânica (BAVER et al., 1973).

Quanto à distribuição dos agregados no uso capoeira, as maiores contribuições da maior classe (8-4,76 mm) ocorreram em superfície (0–10 cm) para as três posições da paisagem, diminuindo em profundidade. Dentro desta mesma classe de agregados verifica-se que o topo (C1) apresentou valores mais elevados de massa de agregados nas três profundidades estudadas em relação à meia encosta (C2) e encosta inferior (C3). Stürmer (2008) encontrou maior contribuição da fração 8-4,76 mm em Neossolos Regolíticos situados na parte mais elevada do terreno, concordando com os dados observados no presente estudo. Entretanto, os valores obtidos para o índice DMG/DMGs foram superiores no estudo de Stürmer (2008) com variação entre 1,0 a 1,1 enquanto nesta pesquisa se verificou variação entre 0,3 a 0,7 para a área de capoeira.

A classe de agregados 2-1 mm se distribuiu mais homoganeamente entre as três posições do terreno. As demais frações apresentaram comportamentos dissimilares. De acordo com Baver et al. (1973), o processo de formação de agregados é muito dinâmico em decorrência das alterações de uso e manejo empregado no solo. Nesse sentido, a prática de queima dos restos vegetais observada neste uso pode ter influenciado nos baixos valores encontrados para o índice de estabilidade dos agregados, o qual depende da presença dos agentes cimentantes, como a MOS.

A lavoura (Tabela 8) apresentou índices de estabilidade dos agregados maiores que os do uso capoeira. O DMG/DMGs máximo para a lavoura foi de (0,8) enquanto para a área de capoeira o maior valor é representado pelo (0,7). Isto pode estar associado ao maior conteúdo de C_T encontrado na lavoura (3,7%) em relação aos teores observados para a área de capoeira (2,7%) (Tabela 11).

No topo (L1) o comportamento do DMP, DMG e DMG/DMGs foram semelhantes, diminuindo em profundidade. A amplitude de variação no DMP para a lavoura foi de 2,0 mm, enquanto no uso capoeira esta variação foi menor (1,1 mm). Para o DMG também se observa maior amplitude de variação na lavoura em relação aos valores obtidos para a área de capoeira. Os maiores índices DMG/DMGs são

encontrados onde ocorre maior teor de C_T , o que sugere papel importante do C_T na agregação.

Tabela 8 - Diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), índice de estabilidade (DMG/DMGs) dos agregados e distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água nas profundidades de 0-10; 10-20 e 20-30 cm para o uso lavoura em Itaara (RS).

Uso	DMG (mm)	DMP (mm)	DMG/DMGs	Classe de agregados (mm)				
				8 - 4,76	4,76 - 2	2 - 1	1 - 0,2	< 0,2
				----- % -----				
L11	1,9	3,6	0,8	43,5	18,4	8,1	13,8	16,2
L1 L12	1,4	2,8	0,7	28,9	19,0	12,0	23,6	16,5
L13	1,2	2,5	0,5	24,4	17,0	12,1	28,2	18,3
L2 L21	1,7	2,9	0,8	26,0	26,1	15,6	20,6	11,7
L2 L22	1,9	3,1	0,7	30,6	25,2	14,0	19,3	11,0
L23	1,3	2,4	0,6	23,4	16,5	10,1	23,7	26,3
L3 L31	2,0	3,5	0,8	38,6	22,6	11,0	16,4	11,3
L3 L32	1,9	3,0	0,8	31,9	19,1	14,7	22,8	11,5
L33	0,7	1,6	0,3	11,6	12,0	15,2	33,1	28,1

L (Lavoura); L1 (Topo); L2 (Meia encosta); L3 (Encosta inferior); L11 (Topo na prof. 0-10 cm); L12 (Topo na prof. 10-20 cm); L13 (Topo na prof. 20-30 cm); L21 (Meia encosta na prof. 0-10 cm); L22 (Meia encosta na prof. 10-20 cm); L23 (Meia encosta na prof. 20-30 cm); L31 (Encosta inferior na prof. 0-10 cm); L32 (Encosta inferior na prof. 10-20 cm); L33 (Encosta inferior na prof. 20-30 cm).

Apenas o L32 apresentou maior teor de Al_d e Al_o (Tabela 15) em relação às demais profundidades da mesma posição na paisagem, sugerindo a colaboração deste cátion na estruturação dos agregados via complexação da MOS (PEDROTTI et al., 2003). Para a classe 8-4,76 mm o comportamento foi diferente do observado no uso capoeira, já que não ocorreu diminuição em todas as profundidades analisadas. Nas frações 1-0,2 mm e <0,2 mm ocorreram maiores valores em profundidade como pode ser observado no L13, L23 e L33. Verificou-se nestes locais altos teores de Fe_o (Tabela 15), indicando que os óxidos de ferro podem estar auxiliando na estruturação destas classes menores, através de sua grande reatividade e elevada área superficial específica (DUIKER et al., 2003).

De acordo com Roscoe; Machado (2002) é de se esperar que em áreas com gramíneas a estabilidade dos agregados seja maior em relação a solos cultivados. Isto não foi verificado neste estudo e, talvez, tenha relação com o manejo de queima empregado no uso capoeira. Além disto, a área de capoeira não é nativa e tem

histórico de uso como lavoura. O autor salienta que o processo de empobrecimento do solo pode ser revertido com o uso do pousio, culturas perenes e com manejo que propicie aumento nos teores de matéria orgânica. Na área de lavoura, é utilizado pousio em determinadas parcelas, bem como ocorre manutenção da cobertura vegetal e da palhada, o que pode estar influenciando na melhor estruturação dos solos sob este uso em relação à área de capoeira.

Na floresta (Tabela 9), o índice de estabilidade estrutural alcançou um (1) no F11 e F21 superando os valores máximos obtidos para o uso capoeira (0,7) e lavoura (0,8). Segundo Longo et al. (1999), este aumento do DMG/DMGs em solos sob floresta está ligado à melhor cobertura vegetal e conseqüente maior proteção contra o impacto das gotas de chuva. Esta melhor cobertura diminui o ressecamento rápido do solo o que aliado a grande quantidade de restos vegetais promove maior produção de agentes cimentantes. Zalameña (2008) estudando o impacto do uso da terra em atributos químicos e físicos de solos da região da Quarta Colônia (RS) obteve maior índice DMG/DMGs em campo nativo na cidade de Júlio de Castilhos (RS). Já em Silveira Martins (RS) este valor ocorreu sob floresta, concordando com os resultados do presente estudo.

Nas frações de maiores tamanhos (8-4,76 e 4,76-2 mm), as maiores massas de agregados se encontram em superfície. Já nas frações (2-1 e 1-0,2 mm) ocorre o inverso, sendo maior em profundidade. Isto pode estar ligado à grande quantidade de material orgânico observado na floresta, o qual através da ciclagem bioquímica, contribui para a produção de agentes transientes e temporários, que promovem maior estabilização dos agregados, principalmente em superfície (TISDALL; OADES, 1982).

Os maiores índices de estabilidade dos agregados ocorreram na camada superficial (0-10 cm) do solo sob floresta, nas posições de topo e meia encosta da paisagem, onde se observaram os maiores teores de carbono orgânico total. Segundo Salton et al. (2008) a estabilidade de macroagregados está relacionada ao teor de carbono orgânico no solo.

Tabela 9 - Diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), índice de estabilidade (DMG/DMGs) dos agregados e distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água nas profundidades de 0-10; 10-20 e 20-30 cm para o uso floresta em Itaara (RS).

Uso	DMG (mm)	DMP (mm)	DMG/DMGs	Classe de agregados (mm)					
				8 - 4,76	4,76 - 2	2 - 1	1 - 0,2	< 0,2	
				----- % -----					
F11	1,6	3,0	1,0	27,1	28,5	12,6	14,9	16,9	
F1	F12	0,8	2,1	0,5	18,4	21,1	10,1	11,0	39,4
	F13	1,0	2,2	0,8	19,5	18,9	12,2	24,5	24,9
F2	F21	1,7	3,1	1,0	31,2	23,9	13,1	17,1	14,7
	F22	1,3	2,7	0,8	25,1	22,0	14,0	17,4	21,5
	F23	0,5	1,3	0,3	8,5	10,6	10,3	25,2	45,4
F3	F31	1,3	2,8	0,6	31,4	14,3	11,3	16,2	26,7
	F32	1,0	2,0	0,4	18,2	11,4	14,6	32,7	23,2
	F33	0,5	1,0	0,3	3,9	3,9	11,3	48,9	32,1

F (Floresta); F1 (Topo); F2 (Meia encosta); F3 (Encosta inferior); F11 (Topo na prof. 0–10 cm); F12 (Topo na prof. 10–20 cm); F13 (Topo na prof. 20–30 cm); F21 (Meia encosta na prof. 0–10 cm); F22 (Meia encosta na prof. 10–20 cm); F23 (Meia encosta na prof. 20–30 cm); F31 (Encosta inferior na prof. 0–10 cm); F32 (Encosta inferior na prof. 10–20 cm); F33 (Encosta inferior na prof. 20–30 cm).

7.3 DISTRIBUIÇÃO DAS FRAÇÕES HÚMICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Na área de capoeira, o carbono no extrato ácido (C_{HCl}) apresentou baixos teores em relação aos extratos das substâncias húmicas solúveis (C_{SH}), dos ácidos fúlvicos (C_{AF}) e dos ácidos húmicos (C_{AH}), independente da profundidade analisada e da posição na paisagem (Tabela 10). Esta fração apresentou distribuição uniforme em profundidade entre os três Neossolos analisados no uso capoeira. Os maiores teores de C_{HCl} são observados na meia encosta (C2). O teor de carbono no extrato ácido variou entre 3,0 a 3,8 g kg⁻¹. Silva (2007) analisando Neossolos da região dos Campos de Cima da Serra (RS) encontrou teores de C_{HCl} variando entre 2,2 a 5,6 g kg⁻¹ e, portanto, com limite superior ao observado no presente estudo.

Neste trabalho, a proporção C_{HCl}/C oscilou entre 7,0 a 18,1% estando acima dos resultados alcançados por Silva (2007) que relatou variação da ordem de 3,5 a 4,3%. Os maiores valores desta proporção para a área do Rebordo do Planalto (RS) podem estar relacionados à menor temperatura observada nos Campos de Cima da

Serra (RS), as quais desfavorecem a atividade microbiana afetando a ciclagem de compostos mais facilmente decomponíveis (açúcares e proteínas) que conduzem a formação da fração C_{HCl} (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Tabela 10 - Teores de carbono dos extratos HCl (C_{HCl}), SH (C_{SH}), AF (C_{AF}), AH (C_{AH}) e da fração humina (C_{HU}) e proporções entre o teor de carbono em cada extrato e o teor de C_T do solo, além da razão entre o teor de carbono dos extratos de AH e de AF (C_{AH}/C_{AF}) para o uso capoeira na área estudada.

Variáveis	C_{HCl}	C_{SH}	C_{AF}	C_{AH}	C_{HU}	C_{HCl}/C_T	C_{SH}/C_T	C_{AF}/C_T	C_{AH}/C_T	C_{HU}/C_T	IH*	C_{AH}/C_{AF}	
	g Kg ⁻¹					%							
C1	C11	3,1	18,3	4,2	14,1	5,6	11,5	67,8	15,7	52,1	20,7	88,5	3,3
	C12	3,2	17,5	6,7	10,8	0,2	15,4	83,5	31,9	51,6	1,1	84,6	1,6
	C13	3,1	13,4	3,5	9,9	0,5	18,2	78,9	20,4	58,4	2,9	81,8	2,9
C2	C21	3,7	18,2	5,3	12,9	13,1	10,5	52,0	15,3	36,8	37,5	89,5	2,4
	C22	3,3	14,2	3,8	10,5	5,5	14,2	61,8	16,3	45,5	24,0	85,8	2,8
	C23	3,8	13,8	4,1	9,7	3,4	18,1	65,6	19,6	46,0	16,3	81,9	2,3
C3	C31	3,2	27,8	7,2	20,5	15,0	7,0	60,4	15,8	44,6	32,6	93,0	2,8
	C32	3,0	23,3	6,0	17,3	10,8	8,0	62,9	16,2	46,7	29,1	92,0	2,9
	C33	3,1	20,1	5,4	14,7	5,8	10,7	69,2	18,6	50,6	20,1	89,3	2,7
CV(%)	9,1	3,3	15,3	6,6	9,1	9,6	3,2	17,6	8,5	11,9	6,7	17,8	

* Índice de humificação (IH) (CANELLAS; SANTOS, 2005). C (Capoeira); C1 (Topo); C2 (Meia encosta); C3 (Encosta inferior); C11 (Topo na prof. 0–10 cm); C12 (Topo na prof. 10–20 cm); C13 (Topo na prof. 20–30 cm); C21 (Meia encosta na prof. 0–10 cm); C22 (Meia encosta na prof. 10–20 cm); C23 (Meia encosta na prof. 20–30 cm); C31 (Encosta inferior na prof. 0–10 cm); C32 (Encosta inferior na prof. 10–20 cm); C33 (Encosta inferior na prof. 20–30 cm).

O teor de carbono das substâncias húmicas solúveis (C_{SH}) foi superior aos demais extratos analisados. Observa-se que esta fração apresenta tendência de diminuição do teor de carbono em profundidade. A encosta inferior (C3) apresentou maiores teores de C_{SH} do que o topo (C1) e meia encosta (C2). Entre as frações solúveis (C_{SH}), os ácidos húmicos (C_{AH}) apresentaram maiores teores do que os ácidos fúlvicos (C_{AF}) para todas as profundidades e posições da paisagem analisadas, correspondendo a maior parte do C_{SH} . Os maiores teores da fração

ácido húmico ocorrem na encosta inferior (C3), onde também se verificam os maiores teores de cálcio e magnésio (Tabela 6). Segundo Canellas; Santos (2005) a migração da fração solúvel pode ser desfavorecida uma vez que o cálcio pode provocar precipitação dos ácidos fúlvicos e, conseqüentemente, favorecer a formação de ácidos húmicos. A análise de correlação para o C_{SH} , e C_{AH} e os teores de cálcio e magnésio foi significativa estatisticamente, o que sugere que a interação destes cátions possa estar afetando a distribuição destas frações no uso capoeira (Figura 6).

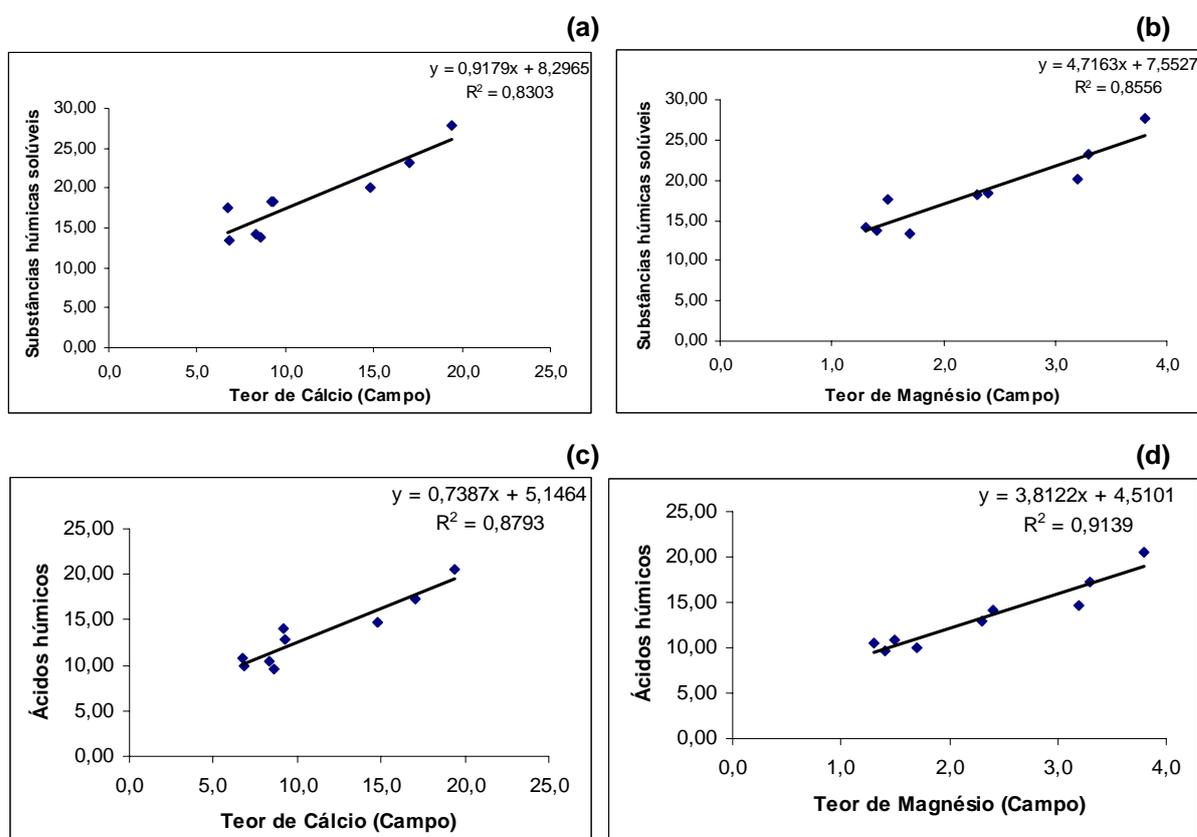


Figura 6 - Correlação entre os teores de substâncias húmicas solúveis (C_{SH}) e teores de cálcio (a) e magnésio (b); correlação entre os teores de ácidos húmicos (C_{AH}) e teores de cálcio (c) e magnésio (d). Significância estatística ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os maiores teores de C_{HU} foram encontrados na camada superficial do solo (0-10 cm). Entre as posições da paisagem, a encosta inferior (C3) apresentou o maior teor de C_{HU} ($15,0 \text{ g Kg}^{-1}$). A proporção C_{HU}/C mostra que a fração humina é pouco representativa na área de capoeira. Segundo Loss et al. (2006) maiores proporções da fração C_{HU} são características de solos com baixa fertilidade natural e textura arenosa, onde a maior parte do C_T é convertida nesta fração. Como os Neossolos Regolíticos avaliados no uso capoeira são solos eutróficos com textura

variando entre franca a franca siltosa (Tabela 4), infere-se que estes dois parâmetros (textura e saturação por bases) não favoreçam a formação de huminas, o que fornece subsídios para entender os baixos teores observados desta fração. Esta relação proposta por Loss et al. (2006) pode ser verificada em diferentes trabalhos com Argissolos e Latossolos sob condições climáticas diferenciadas, onde a fração humina é superior às demais frações (CANELLAS et al., 2000; FONTANA et al., 2001; MIRANDA et al., 2007; LIMA et al., 2008).

O índice de humificação (IH) variou entre 81,8 a 93%, indicando que a maior parte da MOS encontra-se entre as frações humificadas (C_{AF} , C_{AH} e C_{HU}). O valor da razão C_{AH}/C_{AF} foi sempre maior do que um (1) em todas as profundidades e posições da paisagem estudadas. De acordo com Kononova (1982), os valores da relação C_{AH}/C_{AF} para solos temperados variam entre 0,7 a 2,5. Para solos tropicais, os valores médios são mais baixos (ORTEGA, 1982). Miranda et al. (2007) observaram valores entre 0,3 a 0,6 para Cambissolos e Argissolos em fragmentos de Mata Atlântica. Nos solos do Rebordo do Planalto (RS), pouco intemperizados e de formação recente, os valores da razão C_{AH}/C_{AF} foram semelhantes aos relatados para as regiões temperadas.

A repartição do húmus no uso lavoura é apresentada na Tabela 11. Neste ambiente, o carbono no extrato ácido (C_{HCI}) dos Neossolos (L1 e L2), apresentou aumento em profundidade. O mesmo não se verificou para o Cambissolo (L3) estudado. Os teores de C_{HCI} da lavoura ficaram entre 2,5 a 2,7 g kg⁻¹ enquanto no uso capoeira estes valores foram sempre superiores a 3,0 g kg⁻¹. Segundo Silva (2007), o C_{HCI} seria composto de subprodutos da atividade microbiana e um teor baixo denota pequena produção de compostos orgânicos de menor peso molecular. Desta maneira, a produção desta fração foi maior na área de capoeira do que na área de lavoura.

O teor de carbono da fração solúvel foi superior aos demais extratos analisados, semelhantemente ao observado no uso capoeira. Entretanto, a distribuição destas frações foi diferente entre os Neossolos e o Cambissolo presente na encosta inferior da paisagem. Nos primeiros, ocorre predomínio da fração ácido húmico, enquanto no Cambissolo os teores de ácidos fúlvicos tendem a ser superiores. Canellas et al. (2007) também observaram maior teor de C_{AF} em relação aos teores de C_{AH} estudando um Cambissolo Ta Eutrófico cultivado com cana-de-açúcar em Campo dos Goytacazes (RJ). Analisando as diferentes posições na

paisagem verifica-se que na meia encosta (L2) os teores de C_{SH} são mais elevados, o que é devido ao maior teor de C_{AH} . Na superfície desta posição do terreno, a maior parte das substâncias húmicas encontra-se como C_{SH} (31,7%) e apenas (8,3%) como huminas.

Tabela 11 - Teores de carbono dos extratos HCl (C_{HCl}), SH (C_{SH}), AF (C_{AF}), AH (C_{AH}) e da fração humina (C_{HU}) e proporções entre o teor de carbono em cada extrato e o teor de C_T do solo, além da razão entre o teor de carbono dos extratos de AH e de AF (C_{AH}/C_{AF}) para o uso lavoura na área estudada.

Variáveis	C_{HCl}	C_{SH}	C_{AF}	C_{AH}	C_{HU}	C_{HCl}/C_T	C_{SH}/C_T	C_{AF}/C_T	C_{AH}/C_T	C_{HU}/C_T	IH*	C_{AH}/C_{AF}	
	g kg ⁻¹					%							
L1	L11	2,5	20,2	6,5	13,6	10,3	7,7	61,1	19,7	41,4	31,2	92,3	2,1
	L12	2,6	20,8	6,2	14,6	5,7	8,8	71,7	21,4	50,3	19,5	91,2	2,4
	L13	2,7	33,0	6,0	27,1	1,3	7,2	89,2	16,1	73,1	3,5	92,8	4,5
L2	L21	3,0	31,7	5,6	26,2	8,3	6,9	73,8	12,9	60,9	19,3	93,1	4,7
	L22	3,1	25,3	6,0	19,4	4,6	9,3	76,8	18,1	58,7	14,0	90,7	3,2
	L23	3,4	19,2	4,9	14,3	4,5	12,5	71,0	18,1	52,9	16,5	87,5	2,9
L3	L31	3,3	10,8	5,8	4,9	7,0	15,6	51,2	27,7	23,5	33,2	84,4	0,9
	L32	2,8	10,6	5,3	5,3	4,6	15,6	59,1	29,3	29,7	25,4	84,4	1,0
	L33	2,9	10,1	5,1	5,0	3,0	18,0	63,1	31,8	31,3	18,9	82,0	1,0
CV(%)	4,7	6,5	5,8	9,8	22,9	5,2	6,8	26,1	9,8	21,6	9,3	12,3	

* Índice de humificação (IH) (CANELLAS; SANTOS, 2005). L (Lavoura); L1 (Topo); L2 (Meia encosta); L3 (Encosta inferior); L11 (Topo na prof. 0–10 cm); L12 (Topo na prof. 10–20 cm); L13 (Topo na prof. 20–30 cm); L21 (Meia encosta na prof. 0–10 cm); L22 (Meia encosta na prof. 10–20 cm); L23 (Meia encosta na prof. 20–30 cm); L31 (Encosta inferior na prof. 0–10 cm); L32 (Encosta inferior na prof. 10–20 cm); L33 (Encosta inferior na prof. 20–30 cm).

O máximo valor do IH da lavoura (93,1%) foi observado na meia encosta (L2) e assemelha-se ao resultado obtido para a encosta inferior da área de capoeira (C3), onde se observou IH de 93% (Tabela 7), sugerindo estágios de humificação semelhantes nos dois ambientes. O IH para o Cambissolo (L3) foi inferior ao alcançado para o Neossolos, mas estão próximos dos valores relatados por Canellas et al. (2007) para Cambissolos cultivadas com cana-de-açúcar sob queima. Este autor obteve valores do IH entre 80 a 83%.

Os valores da relação C_{AH}/C_{AF} são predominantemente maiores que um (1) e podem estar associados às condições favoráveis de pH, saturação por bases e drenagem, o que segundo Orlov (1998) beneficiam a atividade microbiana favorecendo a síntese de ácidos húmicos. As substâncias húmicas solúveis apresentaram correlação significativa com os parâmetros: pH, teor de cálcio, CTC efetiva e CTC $pH_{7,0}$ (Figura 7), indicando que estes parâmetros podem afetar a distribuição desta fração. Cunha et al. (2003) também verificaram estreita correlação entre os parâmetros de fertilidade do solo e substâncias húmicas, no entanto, isto ocorreu com os ácidos húmicos.

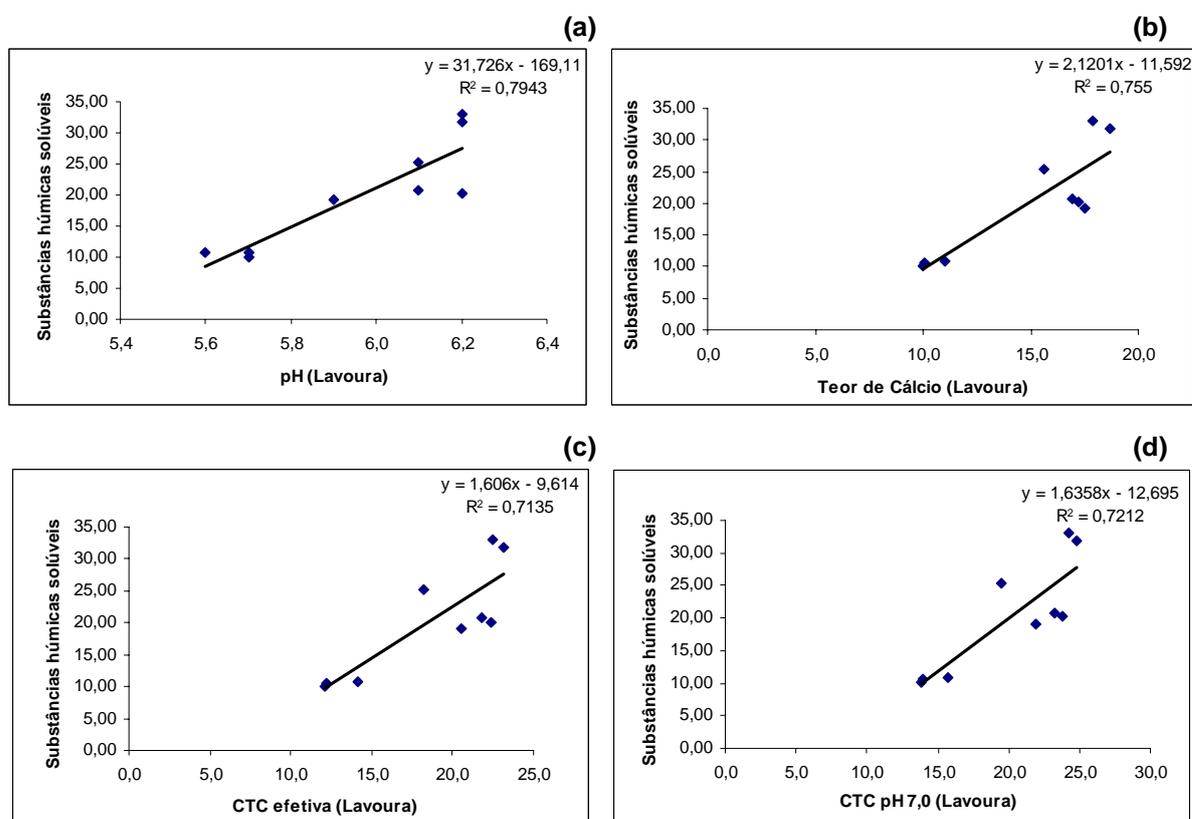


Figura 7 - Correlação entre os teores de substâncias húmicas solúveis (C_{SH}) e pH (a), e teor de cálcio (b), e CTC efetiva (c) e CTC $_{pH7,0}$ (d). Significância estatística ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A distribuição das frações húmicas para o ambiente floresta está apresentada na Tabela 12. A fração C_{HCI} oscilou entre 2,4 a 2,8 $g\ kg^{-1}$ para os Neossolos (F1 e F2), estando abaixo dos valores encontrados para a mesma classe de solo no uso capoeira (3,0 a 3,7 $g\ kg^{-1}$) (Tabela 7) e lavouira (Tabela 8), onde os valores ficaram entre 2,5 a 3,4 $g\ kg^{-1}$.

Tabela 12 - Teores de carbono dos extratos HCl (C_{HCl}), SH (C_{SH}), AF (C_{AF}), AH (C_{AH}) e da fração humina (C_{HU}) e proporções entre o teor de carbono em cada extrato e o teor de C_T do solo, além da razão entre o teor de carbono dos extratos de AH e de AF (C_{AH}/C_{AF}) para o uso floresta na área estudada.

Variáveis	C_{HCl}	C_{SH}	C_{AF}	C_{AH}	C_{HU}	C_{HCl}/C_T	C_{SH}/C_T	C_{AF}/C_T	C_{AH}/C_T	C_{HU}/C_T	IH*	C_{AH}/C_{AF}	
	----- g kg ⁻¹ -----					----- % -----							
F1	F11	2,8	42,0	14,4	27,6	29,2	3,8	56,7	19,5	37,3	39,4	96,2	1,9
	F12	2,4	41,6	7,9	33,6	16,1	4,0	69,3	13,2	56,0	26,8	96,0	4,2
	F13	2,4	40,4	11,7	28,7	7,2	4,7	80,9	23,5	57,4	14,4	95,3	2,4
F2	F21	2,8	41,1	10,0	31,1	20,1	4,4	64,2	15,5	48,7	31,4	95,6	3,1
	F22	2,5	28,4	8,3	20,1	23,1	4,6	52,6	15,3	37,3	42,8	95,4	2,4
	F23	2,4	12,0	6,9	5,1	14,6	8,2	41,5	23,8	17,7	50,3	91,8	0,7
F3	F31	2,9	24,5	8,2	16,3	15,7	6,7	56,9	19,1	37,8	36,4	93,3	2,0
	F32	2,7	18,9	7,1	11,9	2,3	11,4	78,9	29,4	49,5	9,7	88,6	1,7
	F33	2,6	15,0	6,2	8,8	0,4	14,2	83,3	34,5	48,9	2,4	85,8	1,4
CV(%)	5,6	3,1	4,8	5,2	6,6	5,0	3,4	4,9	5,,8	8,3	6,7	8,7	

* Índice de humificação (IH) (CANELLAS; SANTOS, 2005). F (Floresta); F1 (Topo); F2 (Meia encosta); F3 (Encosta inferior); F11 (Topo na prof. 0–10 cm); F12 (Topo na prof. 10–20 cm); F13 (Topo na prof. 20–30 cm); F21 (Meia encosta na prof. 0–10 cm); F22 (Meia encosta na prof. 10–20 cm); F23 (Meia encosta na prof. 20–30 cm); F31 (Encosta inferior na prof. 0–10 cm); F32 (Encosta inferior na prof. 10–20 cm); F33 (Encosta inferior na prof. 20–30 cm).

A porcentagem de ácidos fúlvicos variou entre 13,2 a 34,5%. Já os ácidos húmicos apresentaram variação entre 17,7 a 57,4%. Ocorre predomínio das frações alcalino-solúveis (C_{SH}) em todas as profundidades e posições da paisagem. Esta distribuição também foi observada na lavoura e na área de capoeira. Entretanto, na encosta inferior da floresta (F3) observou-se maior teor de C_{AH} em relação ao C_{AF} , diferindo dos resultados relatados por Canellas et al. (2007) para Cambissolos cultivados com cana-de-açúcar. De uma maneira geral a floresta apresentou maiores teores para as frações C_{SH} , C_{AF} , C_{AH} e C_{HU} em relação a área de capoeira e lavoura. Estes resultados corroboram com os estudos de Barreto et al. (2008) que compararam três usos da terra (Mata Atlântica nativa, cultivo de cacau e pastagem) e encontraram diferenças significativas na distribuição das substâncias húmicas em

função dos diferentes usos analisados. Deste modo, a comparação entre áreas de floresta com áreas de capoeira e lavoura para o Rebordo do Planalto (RS), permite dizer que a distribuição destas frações é afetada pelo uso da terra nestes ambientes. Isto sustenta a idéia de que a implantação de agricultura em ambientes naturais acarreta alterações na dinâmica da MOS e os efeitos desta perturbação geralmente se expressam negativamente nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CUNHA et al., 2001).

O máximo valor do IH da floresta foi superior aos demais usos na seguinte ordem: floresta (96,2%) > lavoura (93,1%) > capoeira (93%). Isto pode estar relacionado à melhor cobertura vegetal e maior aporte de resíduos incorporados ao solo pela liteira (LOSS et al., 2006). Exceto para o F23, a relação C_{AH}/C_{AF} foi sempre maior do que um (1) neste uso, indicando o predomínio de ácidos húmicos. A relação C_{AF}/C aumentou com a profundidade das camadas analisadas, indicando que a fração ácido fúlvico aumentou em proporção na camada de 20–30 cm das três posições da paisagem deste uso. Quando se comparou esta relação com os demais usos, observou-se que na encosta inferior (C3) da área de capoeira e da lavoura (L3) também ocorreu este aumento da proporção de ácidos fúlvicos em profundidade, possivelmente por se tratar da fração mais solúvel.

7.4 INTERAÇÃO ENTRE PROFUNDIDADE, USO DA TERRA E RELEVO PARA AS FRAÇÕES HÚMICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Na Tabela 13, são apresentados os valores de significância estatística obtidos na análise da variância para os teores de carbono das frações: C_{HCl} , C_{SH} , C_{AF} , C_{AH} e C_{HU} . Observa-se que houve significância na análise isolada do fator Profundidade (A), concordando com os estudos de Lima et al. (2008) que observaram diferenças significativas nas frações húmicas em diferentes profundidades analisadas.

A análise isolada dos fatores Uso da terra (B) e Relevo (C) também apresentaram significância evidenciando que o uso da terra tem papel fundamental na distribuição das substâncias húmicas, fato este relatado por diferentes autores (ARAÚJO et al., 2004; LOSS et al., 2006; BARRETO et al., 2008; LIMA et al., 2008). Estudos de Canellas et al. (2000) e Schiavo et al. (2007) em topossequências demonstraram importante papel do relevo na distribuição das frações humificadas da MOS. Neste estudo, o fator relevo também foi significativo. A análise de correlação para o teor de

carbono orgânico total (C_T), posição na paisagem e profundidade foi significativo estatisticamente para a floresta. A figura 8 apresenta a distribuição do teor de C_T em relação à profundidade e posição na paisagem para o uso floresta.

Tabela 13 - Níveis de significância na análise da variância para as variáveis: C_{HCl} (matéria orgânica de baixo peso molecular), C_{SH} (substâncias húmicas solúveis); C_{AF} (ácidos fúlvicos), C_{AH} (ácidos húmicos) e C_{HU} (huminas).

Fatores	Variáveis/ P<F				
	C_{HCl}	C_{SH}	C_{AF}	C_{AH}	C_{HU}
Profundidade (A)	0,01330*	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*
Uso da terra (B)	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*
Relevo (C)	0,00110*	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*
A*B	0,00304*	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*
A*C	0,14263ns	0,00001*	0,11892ns	0,00001*	0,00001*
B*C	0,00011*	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*
A*B*C	0,12330ns	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*
CV(%)	8,1	4,2	8,3	6,7	15,9

(*) Efeito significativo e (ns) não significativo a 5% de probabilidade de erro. CV(%) = coeficiente de variação.

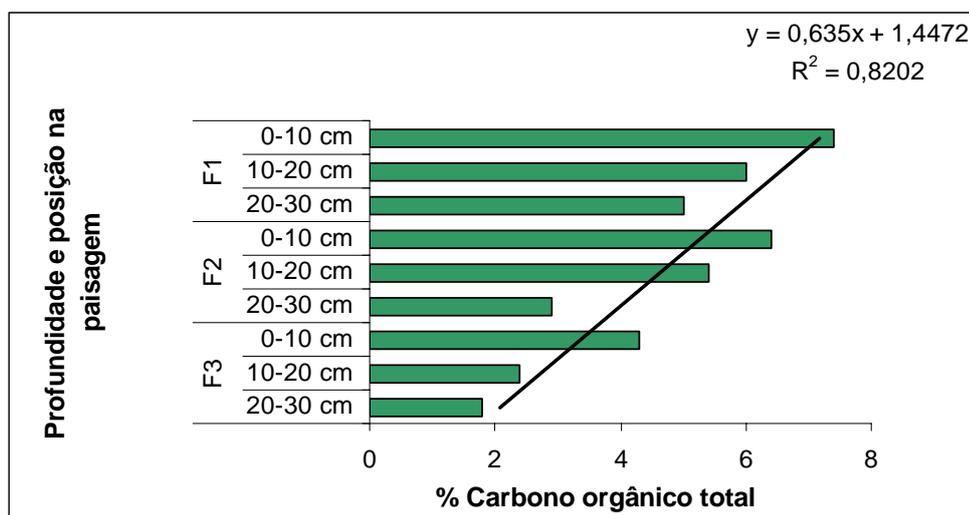


Figura 8 - Correlação entre os teores de carbono orgânico total, posição na paisagem e profundidade para o uso floresta. Significância estatística ao nível de 5% de probabilidade de erro. F1 (topo da floresta); F2 (meia encosta da floresta); F3 (encosta inferior da floresta).

As frações C_{SH} , C_{AH} e C_{HU} apresentaram significância para todas as interações analisadas, indicando que os três fatores (A, B e C), isolados ou em interação, desempenham importante papel na sua distribuição nas áreas de

encostas do Rebordo do Planalto (RS). Estes dados concordam com os resultados obtidos por Brito et al. (2006) que relataram a necessidade de considerar a posição na paisagem para o manejo aplicado às culturas, já que a variação dos atributos do solo pode ser diferente em cada segmento da paisagem. As frações C_{HCl} e C_{AF} não apresentaram interação significativa entre os fatores profundidade e relevo.

7.5 TEORES DE Fe^{+3} E Al^{+3} EXTRAÍDOS POR DITIONITO-CITRATO-BICARBONATO, OXALATO DE AMÔNIO E CO-EXTRAÍDO DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

Na Tabela 14, são apresentados os teores de Fe^{+3} e Al^{+3} extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato e oxalato de amônio e os teores de Fe^{+3} e Al^{+3} co-extraídos com C_{HCl} (Fe_{HCl} , Al_{HCl}), com as C_{SH} (Fe_{SH} , Al_{SH}), com os C_{AF} (Fe_{AF} , Al_{AF}) e com os C_{AH} (Fe_{AH} , Al_{AH}) para o uso capoeira.

No presente estudo, os teores de Fe_d para os Neossolos estudados oscilaram entre 49,28 a 108,42 g Kg^{-1} . Estes valores foram superiores aos relatados por Pedron (2007) que observou variação entre 14,7 a 74 g Kg^{-1} ao estudar solos semelhantes no Estado do RS. A análise em profundidade mostra tendência de aumento dos teores de Fe_d na meia encosta (C2) e encosta inferior (C3), indicando que possivelmente ocorre melhor cristalinidade dos óxidos de ferro em profundidade. Entre as posições da paisagem, a encosta inferior (C3) apresentou os maiores teores de Fe_d , devido a melhor drenagem.

O teor de Fe_{HCl} oscilou entre 0,18 a 0,43 g Kg^{-1} . Estes valores são inferiores aos obtidos por Silva (2007) que encontrou valores entre 1,6 a 3,0 g Kg^{-1} para Neossolos dos Campos de Cima da Serra (RS). Esta variação pode estar ligada à diferenças climáticas entre as duas regiões. O ferro co-extraído do extrato das substâncias húmicas solúveis (Fe_{SH}) apresentou maiores teores na encosta inferior (C3). Dentre as frações alcalino-solúveis, a maior parte do Fe^{+3} co-extraído encontrou-se associada aos ácidos húmicos (Fe_{AH}).

Os teores de Al_d aumentaram com a profundidade, sendo superiores na encosta inferior, semelhantemente ao observado para o Fe_d . Os maiores teores de Al^{+3} co-extraídos foram obtidos no extrato das substâncias húmicas solúveis (Al_{SH}), entretanto, diferentemente do observado para o ferro, o Al^{+3} mostrou maior afinidade

com os ácidos fúlvicos. Comportamento semelhante foi observado por Silva (2007) em solos de altitude.

Tabela 14 - Teores de Fe⁺³ e Al⁺³ extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (Fe_d; Al_d) e oxalato de amônio (Fe_o; Al_o) e os teores de Fe⁺³ e Al⁺³ co-extraídos com C_{HCl} (Fe_{HCl}, Al_{HCl}), com as C_{SH} (Fe_{SH}, Al_{SH}), com os C_{AF} (Fe_{AF}, Al_{AF}) e com os C_{AH} (Fe_{AH}, Al_{AH}) para o uso capoeira da área estudada.

Variáveis	Fe _d	Fe _o	Fe _{HCl}	Fe _{SH}	Fe _{AF}	Fe _{AH}	Al _d	Al _o	Al _{HCl}	Al _{SH}	Al _{AF}	Al _{AH}	
	g Kg ⁻¹												
C1	C11	61,25	3,14	0,30	0,19	0,04	0,15	1,17	0,32	1,10	3,10	2,52	0,58
	C12	59,84	2,76	0,33	0,16	0,02	0,14	1,44	0,40	1,34	4,80	3,35	1,45
	C13	49,28	3,02	0,31	0,13	0,09	0,04	1,60	0,30	1,31	4,90	3,20	1,70
C2	C21	53,50	2,25	0,20	0,21	0,04	0,17	1,37	0,31	1,49	5,50	3,85	1,65
	C22	56,32	2,57	0,18	0,19	0,05	0,14	1,69	0,39	1,38	6,00	4,44	1,56
	C23	60,54	2,76	0,18	0,19	0,04	0,15	1,87	0,43	1,36	6,20	4,73	1,47
C3	C31	91,52	5,26	0,43	0,40	0,00	0,40	2,23	0,63	1,58	5,50	4,63	0,87
	C32	99,26	5,58	0,29	0,32	0,00	0,32	2,97	0,74	1,87	5,04	4,40	0,64
	C33	108,42	5,84	0,32	0,32	0,00	0,32	3,36	0,74	1,58	6,10	4,68	1,42

C (Capoeira); C1 (Topo); C2 (Meia encosta); C3 (Encosta inferior); C11 (Topo na prof. 0–10 cm); C12 (Topo na prof. 10–20 cm); C13 (Topo na prof. 20–30 cm); C21 (Meia encosta na prof. 0–10 cm); C22 (Meia encosta na prof. 10–20 cm); C23 (Meia encosta na prof. 20–30 cm); C31 (Encosta inferior na prof. 0–10 cm); C32 (Encosta inferior na prof. 10–20 cm); C33 (Encosta inferior na prof. 20–30 cm).

A lavoura (Tabela 15) apresentou menores teores de Fe_d do que o uso capoeira, exceto para a meia encosta (L2). Entre as posições na paisagem, a encosta inferior da lavoura (L3) propiciou maiores teores de Fe_d e Fe_o. Isto também foi observado na área de capoeira, indicando que o relevo tem papel significativo na distribuição de materiais nas toposseqüências estudadas.

No topo (L1), o teor de Fe_{HCl} foi superior ao de Fe_{SH} sendo que as duas formas de Fe⁺³ co-extraídas tendem a se igualar ao longo do declive. Os teores de Al⁺³ co-extraídos foram sempre superiores aos de Fe⁺³, indicando que o Al iônico encontra-se proporcionalmente mais associado à fração orgânica do que o Fe iônico. Este comportamento pode estar relacionado ao caráter ácido duro/mole do Al⁺³ e do Fe⁺³. Segundo Sparks (1995), o Al⁺³, por apresentar configuração eletrônica

($2s^2 2p^0$) é classificado como ácido duro, enquanto o Fe^{+3} , por ser um cátion $3d^5$, é classificado como ácido duro/mole. Estas diferenças na configuração eletrônica resultam em afinidades distintas pelos grupos funcionais da MOS. O Al^{+3} apresenta maior afinidade por carboxilas (COOH) ligadas principalmente a anéis aromáticos, as quais são mais abundantes em ácidos fúlvicos. O Fe^{+3} tem maior afinidade por carboxilas (COOH) ligadas a cadeias alquila mais longas e à estruturas mais hidrofóbicas, comuns em ácidos húmicos.

Tabela 15 - Teores de Fe^{+3} e Al^{+3} extraídos com ditonito-citrato-bicarbonato (Fe_d ; Al_d) e oxalato de amônio (Fe_o ; Al_o) e os teores de Fe^{+3} e Al^{+3} co-extraídos com C_{HCl} (Fe_{HCl} , Al_{HCl}), com as C_{SH} (Fe_{SH} , Al_{SH}), com os C_{AF} (Fe_{AF} , Al_{AF}) e com os C_{AH} (Fe_{AH} , Al_{AH}) para o uso lavoura na área estudada.

Variáveis	Fe_d	Fe_o	Fe_{HCl}	Fe_{SH}	Fe_{AF}	Fe_{AH}	Al_d	Al_o	Al_{HCl}	Al_{SH}	Al_{AF}	Al_{AH}	
	----- g Kg ⁻¹ -----												
L1	L11	51,39	1,60	0,42	0,32	0,16	0,16	1,10	0,18	1,34	4,60	3,17	1,43
	L12	52,80	1,67	0,33	0,29	0,16	0,13	1,49	0,23	1,27	4,70	3,30	1,40
	L13	45,76	1,67	0,36	0,39	0,06	0,33	1,27	0,29	1,60	4,80	2,84	1,96
L2	L21	71,10	3,40	0,46	0,40	0,20	0,20	1,39	0,50	1,76	4,70	4,07	0,63
	L22	68,29	3,14	0,38	0,36	0,15	0,21	1,61	0,46	1,65	6,30	4,75	1,55
	L23	76,03	4,75	0,48	0,27	0,07	0,20	2,11	0,55	1,60	6,60	4,90	1,70
L3	L31	84,48	5,01	0,24	0,21	0,12	0,09	1,70	0,57	1,36	6,60	4,76	1,84
	L32	97,15	4,94	0,24	0,19	0,07	0,12	1,81	0,69	1,33	5,95	5,90	0,05
	L33	97,86	5,07	0,24	0,13	0,02	0,11	1,71	0,76	1,26	6,80	5,32	1,48

L (Lavoura); L1 (Topo); L2 (Meia encosta); L3 (Encosta inferior); L11 (Topo na prof. 0–10 cm); L12 (Topo na prof. 10–20 cm); L13 (Topo na prof. 20–30 cm); L21 (Meia encosta na prof. 0–10 cm); L22 (Meia encosta na prof. 10–20 cm); L23 (Meia encosta na prof. 20–30 cm); L31 (Encosta inferior na prof. 0–10 cm); L32 (Encosta inferior na prof. 10–20 cm); L33 (Encosta inferior na prof. 20–30 cm).

Na floresta (Tabela 16), o teor Fe_d tendeu a se elevar em profundidade quando se compara a camada superficial (0–10 cm) com a camada de 20–30 cm. O mesmo comportamento se verifica para o Al_d em profundidade. Isto pode estar ligado ao menor intemperismo das camadas mais profundas a qual favorece a maior extração de óxidos de melhor cristalinidade. A floresta apresenta maiores teores de

Fe_d na meia encosta (F2) ao passo que nos usos capoeira e lavoura este ocorre na encosta inferior.

Os teores de ferro no extrato das substâncias húmicas (Fe_{SH}) foram superiores aos do uso capoeira e da lavoura. Entre as posições da paisagem, o topo da floresta destacou-se pelos maiores teores de Fe_{SH} e Fe_{AH}. Semelhante ao relatado para os usos capoeira e lavoura, o alumínio mostrou maior afinidade com a fração ácidos fúlvicos, fato este evidenciado pelos altos teores de Al_{AF} em relação ao Al_{AH}. Isto parece não ter relação direta com o uso da terra, mas sofrem efeito secundário através dos maiores ou menores teores de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos capazes de interferir na disponibilidade ou adsorção de alumínio.

Tabela 16 - Teores de Fe⁺³ e Al⁺³ extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (Fe_d; Al_d) e oxalato de amônio (Fe_o; Al_o) e os teores de Fe⁺³ e Al⁺³ co-extraídos com C_{HCl} (Fe_{HCl}, Al_{HCl}), com as C_{SH} (Fe_{SH}, Al_{SH}), com os C_{AF} (Fe_{AF}, Al_{AF}) e com os C_{AH} (Fe_{AH}, Al_{AH}) para o uso floresta na área estudada.

Variáveis	Fe _d	Fe _o	Fe _{HCl}	Fe _{SH}	Fe _{AF}	Fe _{AH}	Al _d	Al _o	Al _{HCl}	Al _{SH}	Al _{AF}	Al _{AH}	
	----- g Kg ⁻¹ -----												
F1	F11	69,70	3,34	0,58	0,82	0,00	0,82	1,80	0,43	1,87	5,70	5,23	0,47
	F12	78,14	3,59	0,32	0,74	0,00	0,74	2,13	0,58	2,16	6,30	4,16	2,14
	F13	77,44	4,11	0,19	0,62	0,04	0,58	2,25	0,55	2,07	5,70	4,88	0,82
F2	F21	71,10	2,76	0,26	0,71	0,07	0,64	1,45	0,35	1,78	5,20	3,29	1,91
	F22	82,37	3,40	0,33	0,58	0,06	0,52	1,77	0,40	1,85	5,40	3,32	2,08
	F23	80,96	4,43	0,40	0,41	0,07	0,34	2,24	0,43	1,74	5,80	4,16	1,64
F3	F31	66,18	6,74	0,16	0,47	0,11	0,36	1,87	0,28	1,35	4,80	2,98	1,82
	F32	66,88	4,36	0,22	0,41	0,09	0,32	1,55	0,40	1,31	4,40	3,61	0,79
	F33	72,51	5,07	0,24	0,27	0,06	0,21	2,39	0,37	1,17	5,00	3,40	1,60

F (Floresta); F1 (Topo); F2 (Meia encosta); F3 (Encosta inferior); F11 (Topo na prof. 0–10 cm); F12 (Topo na prof. 10–20 cm); F13 (Topo na prof. 20–30 cm); F21 (Meia encosta na prof. 0–10 cm); F22 (Meia encosta na prof. 10–20 cm); F23 (Meia encosta na prof. 20–30 cm); F31 (Encosta inferior na prof. 0–10 cm); F32 (Encosta inferior na prof. 10–20 cm); F33 (Encosta inferior na prof. 20–30 cm).

7.6 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi efetuada conjuntamente para as três profundidades, três usos e três posições na paisagem a fim de evidenciar e hierarquizar as tendências entre as variáveis analisadas. Deste modo, a ACP estabeleceu por meio de uma matriz de semelhança um conjunto de eixos perpendiculares correlacionados (autovetores) (VALENTIN, 2000), que representam o peso de cada variável em cada componente (eixos) e funcionam como coeficientes de correlação que variam de -1 a +1.

A Figura 9a apresenta a ordenação das frações húmicas para os solos estudados. Nesta figura, observa-se que as variâncias acumuladas foram em torno de 48% no primeiro eixo e de aproximadamente 77% no segundo eixo, sendo que o restante da variância (23%) foi explicado pelos demais componentes principais. No primeiro eixo, as variáveis mais fortemente correlacionadas foram: C_{SH} e C_{AH} ; C_{SH} e C_{AF} com índices de correlação de 0,98 e 0,72 respectivamente. Observou-se correlações inversas entre C_{HCl}/C_T e C_{HU}/C_T ; C_{HCl}/C_T e C_{SH} , as quais foram de -0,93 e -0,89, respectivamente.

As variáveis C_{HCl} , C_{HCl}/C_T e C_{AF}/C_T projetaram-se negativamente no gráfico (Figura 9a). Em oposição, o C_{AH} e C_{SH} projetaram-se positivamente. Este comportamento diferenciado pode estar relacionado ao fato do C_{HCl} ter sido a fração que menos contribuiu com o carbono orgânico total para a área estudada. Já as frações C_{AH} e C_{SH} foram predominantes nos diferentes usos e caracterizam-se por constituírem estruturas com maiores teores de carbono que a fração C_{HCl} . O posicionamento do C_{AF} e C_{HCl} na parte central do gráfico, tanto quando se analisa a primeira como a segunda componente, indica que estas duas variáveis têm pequena importância nos diferentes usos avaliados.

A ordenação das características químicas é mostrada na Figura 9b. Entre as variáveis analisadas, as mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo foram: CTC_{ef} , CTC_{pH7} , Ca^{+2} e Mg^{+2} . Esta primeira componente principal explica 60,26% da variância total dos dados originais. O fato do cálcio e magnésio ter apresentado altos teores nos três usos influenciou fortemente na capacidade de troca de cátions, por isto a correlação da capacidade de troca de cátions foi significativa. Menor importância neste eixo é observada para o Zn^{+2} e C_T . O Cu^{+2} e o $H+Al$ demonstraram comportamentos opostos através da ordenação no gráfico,

mostrando que estas variáveis apresentam tendências distintas nos ambientes estudados.

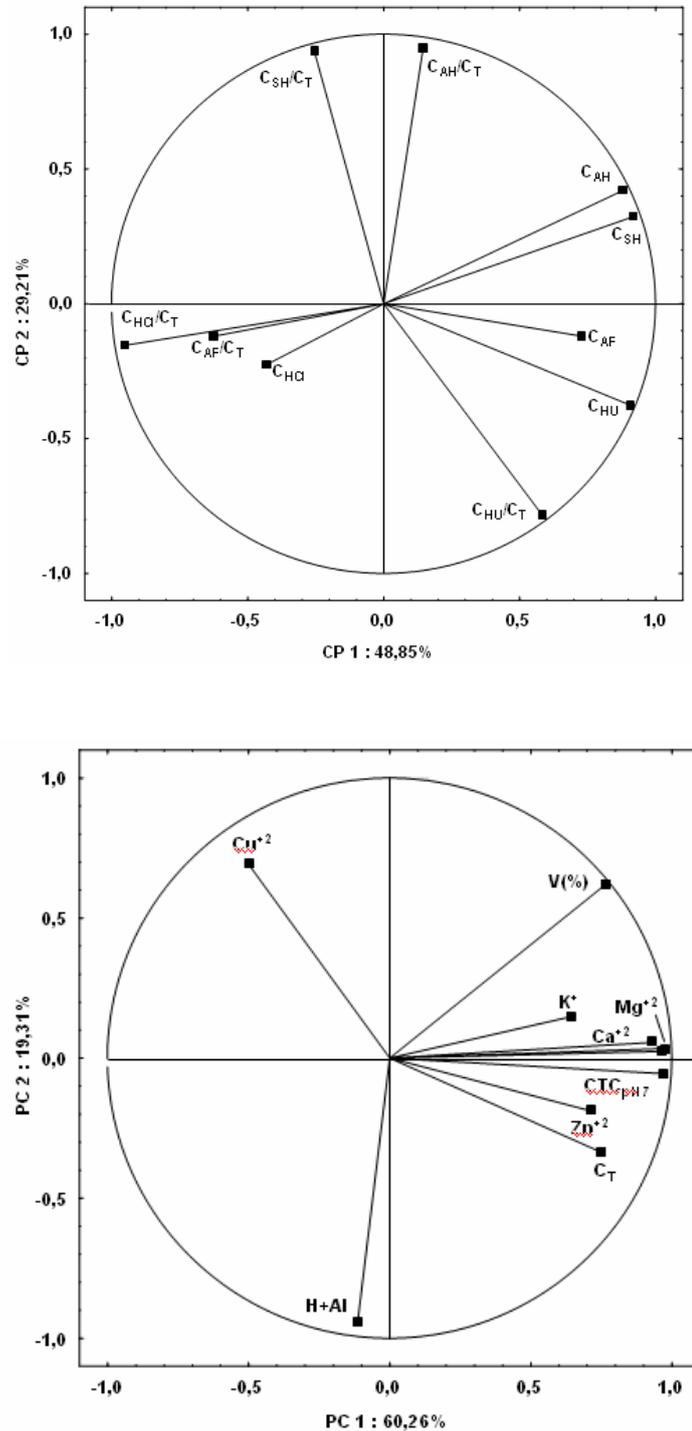


Figura 9 – Diagrama de ordenação das frações húmicas e proporções destas com o carbono orgânico total (C_T) (a) e atributos químicos do solo (b) produzidos por Análise de Componentes Principais. C_{AF} – carbono dos ácidos fúlvicos; C_{AH} – carbono dos ácidos húmicos; C_{SH} – carbono das substâncias húmicas solúveis; C_{HCl} – carbono da matéria orgânica de baixo peso molecular; C_{HU} – carbono das huminas; C_T – carbono orgânico total; AH/AF – razão entre ácidos húmicos e ácidos fúlvicos; (b) Cu^{+2} – cobre; $V(\%)$ – saturação por bases; K^+ – potássio; Ca^{+2} – cálcio; Mg^{+2} – magnésio; $CTC_{ef.}$ – CTC efetiva; CTC_{pH7} – CTC a pH 7,0; $H+Al$ – acidez potencial e Zn^{+2} – zinco. Santa Maria, RS, 2008.

A Figura 10a mostra a ordenação das características físicas do solo. Os autovalores para o primeiro eixo foram de 0,603 e de 0,198 para o segundo eixo, o que representa 80,18% da variância total acumulada nos dois primeiros eixos. A fração 8-4,76 e o DMP se correlacionaram fortemente, apresentando índices de correlação de 0,96. O mesmo ocorreu com o DMP e DMG que apresentaram índice de correlação de 0,93. Tendência contrária é observada para a fração 1-0,2, indicando que outro parâmetro deve influenciar no seu comportamento. O DMP é tanto maior quanto maior a porcentagem de agregados grandes retidos nas peneiras maiores. Já o DMG é uma estimativa para as classes de agregados maiores (CORDEIRO, 2006). Como no presente estudo as duas classes maiores de agregados (8-4,76 e 4,76-2) foram muito representativas em termos percentuais e estas têm relação direta com o DMP e DMG, a ACP confirmou estas tendências de similaridades através da ordenação no diagrama.

Quando se ordenou as características químicas em função dos diferentes usos, profundidades e posições na paisagem (Figura 10b) se observou tendência de posicionamento das áreas de floresta principalmente na parte inferior e superior direita do gráfico de escores. O uso capoeira tendeu a parte inferior esquerda e o centro, enquanto a lavoura posicionou-se na parte superior esquerda, bem como no centro do gráfico. Neste sentido, a ACP possibilitou diferenciar a área estudada em função do uso da terra. Além disso, ocorreram ordenamentos em função da posição na paisagem e profundidade analisada, demonstrando que a ACP possibilita a diferenciação dos usos e profundidades a partir da estrutura de variabilidade dos dados originais.

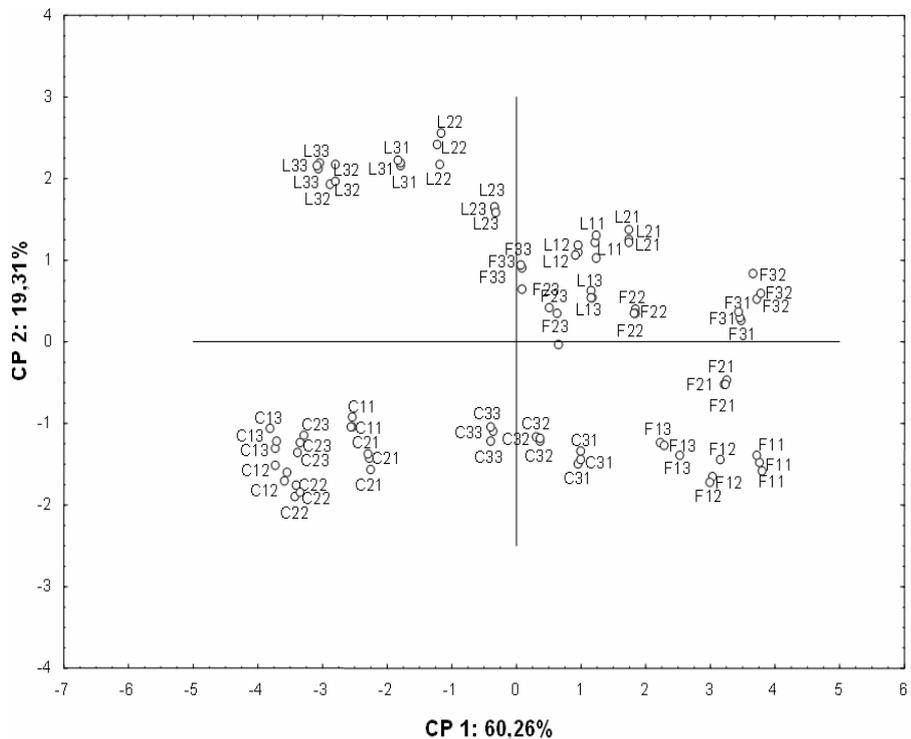
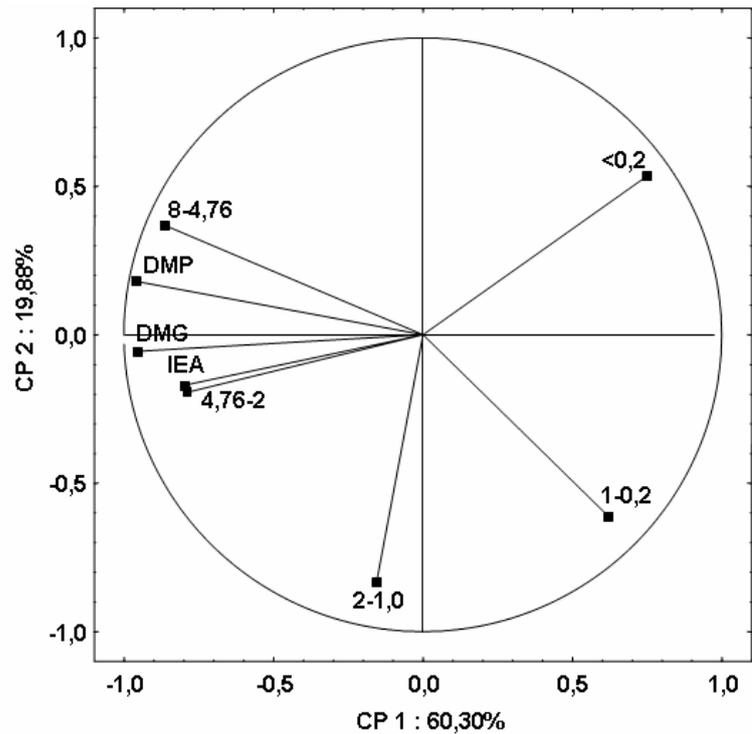


Figura 10 – Diagrama de ordenação das características físicas dos solos (a) gráfico de escores dos atributos químicos em diferentes posições na paisagem e profundidades (b). (a) DMP – diâmetro médio ponderado; DMG – diâmetro médio geométrico; IEA – índice de estabilidade dos agregados. (b) a letra (L) indica lavoura; (C) capoeira e (F) floresta. O número que vem logo após a letra indica: (1) topo; (2) meia encosta e (3) encosta inferior. O último algarismo da trinca corresponde à profundidade: (1) 0 - 10 cm; (2) 10 - 20 cm e (3) 20 - 30 cm. Santa Maria, RS, 2008.

8 CONCLUSÕES

Os maiores índices de estabilidade dos agregados ocorreram na camada superficial do solo sob floresta, onde se observou os maiores teores de carbono orgânico total, indicando que o uso afetou este índice.

A fração alcalino-solúvel (C_{SH}) correspondeu a maior proporção das substâncias húmicas para os solos do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. Dentre estas, os ácidos húmicos (C_{SH}) foram predominantes em quase todas as profundidades e posições na paisagem analisadas.

A comparação entre áreas de floresta, lavoura e capoeira para o Rebordo do Planalto (RS) mostrou que houve alteração na distribuição das frações húmicas em função dos usos avaliados, ocorrendo diminuição dos teores de carbono das frações ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas em relação ao ambiente natural de floresta.

A fração ácido fúlvico aumentou a proporção em profundidade devido a superfície mais côncava presente na encosta inferior das topossequências, representando a fração mais solúvel para os solos analisados. Não foram verificados maiores teores de ácidos húmicos no topo do que na meia encosta para todos os usos avaliados.

A fração humina correspondeu ao melhor indicador de mudança de uso para os solos analisados.

A Análise dos Componentes Principais permitiu avaliar os efeitos e tendências multivariadas da área separando os diferentes usos em função dos atributos químicos.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIKEN, G. R. et al. **Humic substances in soil, sediment, and water**. New York: John Wiley & Sons, 1985.

ALMEIDA, J. A. et al. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 437-445, maio/jun. 2005.

ARAÚJO, E. A. et al. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo Distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 307-315, abr. 2004.

BARRETO, A. C. et al. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1471-1478, set./out. 1997.

BARIQUELLO, M. F. **Influência de íons metálicos na estrutura de substâncias húmicas detectados por espectroscopia**. 2005. 120 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

BAYER, C.; MIELNICKZUC, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 105-112, jan./mar. 1997.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase na matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 687-694, maio/jun. 1999.

BAYER C.; SCHENEIDER, N. G. Plantio direto e o aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo em pequenas propriedades rurais no município de Teutônia. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 1655-166, 1999.

BAYER, C.; MIELNICKZUC, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. O (eds). **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 2, p. 09-23.

BAYER, C. et al. Organic matter storage in sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1-2, p.101-109. 2000.

BAYER, C. et al. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no till cropping systems. **Soil Science Society America Journal**, v. 65, p. 1473-1478, 2001.

BAVER, L. D. et al. **Física del suelos**. México: Union Tipografia Editorial Hispano-Americana, 1973. 529 p.

BERNARDES, N. **Bases geográficas do povoamento do estado do Rio Grande do Sul**. Ijuí: UNIJUÍ, 1997. 147 p.

BRITO, L. F. et al. Influência do relevo em atributos físicos de um Latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1749-1755, 2006.

BRASIL. **Lei 4.771, de 15 de Setembro de 1965**. Institui o Código Florestal Brasileiro. Disponível em: <[http:// www.incra.gov.br/arquivos/0275400229.pdf](http://www.incra.gov.br/arquivos/0275400229.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2008.

CAMARGO, F. O.; SANTOS, G. de A.; GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. O (eds). **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 3, p. 27-39.

CAMPOS, D. V. B. et al. **Mudança no conteúdo de matéria orgânica do solo sob a cultura de cana-de-açúcar e pastagem em Argissolo de Conceição da Barra – ES.** Rio de Janeiro: EMBRAPA. Seropédica, 2004. (Circular técnica, 10).

CAMPOS, M. C. et al. Relações solo-paisagem em uma litosseqüência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 519-529, jun. 2007.

CANELLAS, L. P. et al. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. O (eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 5, p 69-90.

CANELLAS, L. P. et al. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposseqüência no estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 133-143, jan. 2000.

CANELLAS, L. P. et al. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1529-1538, dez. 2001.

CANELLAS, L.P. et al. Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhiço e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 935-944, set./out. 2003.

CANELLAS et al. Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 331-340, mar./abr. 2007.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; **Humusfera**: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes. UENF, 2005, 309 p. Disponível em: <<http://www.uenf.br/Uenf/Pages/CCTA/Lsol/>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

CERETTA, C. A. **Fracionamento de N orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos de solos em sistemas de culturas sob plantio direto**. 1995. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CLARK, M.; SMALL, J. **Slopes and weathering**. New York: Cambridge University Press, 1982. 110 p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 303, de 20 de março de 2002** – Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em 15 jan. 2007.

CORDEIRO, F. C. **Atributos edáficos em áreas de pastagens plantada em relevo movimentado no noroeste do estado do Rio de Janeiro**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CUNHA, T. J. F. et al. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 27-36, 2001.

CUNHA, T. J. F. et al. Algumas características da matéria orgânica de solos antropogênicos na Amazônia Brasileira. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 5., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Grupo Brasileiro da IHSS, 2003. p. 138-140.

DALMOLIN, R. S. D. et al. Relação entre as características e o uso das informações de levantamento de solos de diferentes escalas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1479-1486, 2004.

DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A. Distribuição dos solos no ambiente. In: FÓRUM SOLOS & AMBIENTE. 1., 2004, Santa Maria. **Solos & Ambiente**. Santa Maria, Pallotti, 2004. 167 p.

DALMOLIN, R. S. D. et al. Organic matter characteristics and distribution in ferralsols profiles of a climosequence in Southern Brazil. **European Journal of Soil Science**, v. 57, n. 5, p. 644-654, 2006.

DICK, D. P.; GOMES, J.; ROSINHA, P. B. Caracterização de substâncias húmicas extraídas de solos e de lodo orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 603-611, 1998.

DICK, D.P. et al. Características estruturais e distribuição da matéria orgânica em diferentes classes de latossolos. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 4., 2001, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV/IHSS, 2001. p. 100-101.

DICK, P. D. et al. Chemical characterization and infrared spectroscopy of soil organic matter from two southern brazilian soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 29-39, 2003.

DICK, D. P.; MARTINAZZO, R. Matéria orgânica em ambientes terrestres e aquáticos: compartimentos, composição e reações. In: POLETO, C.; MERTEN, G. H. (Org.) **Qualidade dos Sedimentos**. Porto Alegre: ABRH, 2006. cap. 4, p. 65-80.

DUIKER, S. W. et al. Iron (hydr)oxide crystallinity effects on soil aggregation. **Soil Science Society of America Journal**, v.67, p.606-611, 2003.

DUFRANC, G. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois Latossolos em Plantio Direto no estado de São Paulo. . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p.505-517. jun. 2004.

DYLIK, J. Notion du versant en geomorphologie. **Bulletin L'Académie Polonaise des Science, Série des Sciences Geology. Geograph.**, v. 16, n. 2, p. 125-132, 1968.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

FONTANA, A. et al. Matéria orgânica em solos de tabuleiros na região norte Fluminense-RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 114-119, jan./dez. 2001.

GALVÃO, S. R. da S. et al. Frações de carbono e nitrogênio em função da textura, do relevo e do uso do solo na Microbacia do Agreste em Vaca Brava (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 955-962, Dez. 2005.

GOLCHIN, A. et al. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE J.; **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 245-266.

IPAGRO. Seção de Ecologia. **Atlas agroclimático do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 296 mapas. 28 tab.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.

KÄMPF, N.; DICK, D. P. Óxidos de ferro em Cambissolos Brunos do Rio Grande do Sul e sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, n. 3, p. 183-188, 1984.

KAY, B. D.; ANGERS, D. A. Soil structure. In: SUMMER, M. E., ed. **Handbook of soil science**. Washington, CRC Preston, 1999. p. 229-276.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In: **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.

KONOVA, M. M. **Matéria orgânica del suelo**; su naturaleza, propiedades y métodos de investigacion. Barcelona: Oikos-Tau, 1982. 365 p.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ enrichment. **Soil and Tillage Research.**, Amsterdam, v. 43, p. 81-107, 1997.

LEITE, L. F. C. et al. Estoque de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821-832, set./out. 2003.

LIMA, A. M. N. et al. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1053-1063, jun. 2008.

LONGO, R. M. et al. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 276-280, 1999.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BRITO, R. J. Distribuição das substâncias húmicas em solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Universidade Rural**, Série Ciência da Vida, Seropédica, v. 26, n. 1, jan/jul, 2006.

MACIEL FILHO, C. L: **Carta de unidades geotécnicas de Santa Maria-RS, Carta dos condicionantes a ocupação de Santa Maria-RS**. Santa Maria s.n., 1990. 1mapa.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 6, p. 1177-1182, 2000.

MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul**: enfoque histórico e sistemas de classificação. Porto Alegre: EST, 2002. 118 p.

MARION, F. A. **Levantamento da situação atual dos Recursos hídricos subterrâneos em Itaara - RS e sua vulnerabilidade natural**. 2007. 48 f. Trabalho de Graduação (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I.F. Depósitos superficiais neocenozóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. **Geociências**, São Paulo, v. 19, p. 90-106, 2000.

MEIRELLES, H. T. **Relações entre superfícies geomórficas, segmentos de vertentes e propriedades dos solos de Batatais, SP.** 1998. 118 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionitecitrate system buffered with sodium bicarbonate. **Proceedings Clays & Clay Mineral Conference**, v. 7, p. 317-327, 1960.

MELO, V. de F. et al. Morfologia de agregados de Latossolo Bruno e Vermelho do estado do Paraná, avaliada por imagens obtidas em SCANNER. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p.85-99, 2008.

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

MIELNICZUK, J. et al. Manejo do solo e culturas e suas relações com o estoque de carbono e nitrogênio do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; CHAEFER, C. E. G. R. (eds.) **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p. 209-248.

MIRANDA, C. C. et al. Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de Mata Atlântica e em plantios abandonados de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p.905-916, out. 2007.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: UFLA, 2002. 626 p.

MÜLLER FILHO, I. L. **Notas para o Estudo da Geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil**. Santa Maria: Imprensa Universitária. UFSM. 1970. (Publicação Especial n.1).

NEUMANN, P. S. **O Impacto da Fragmentação e do Formato das Terras nos Sistemas Familiares de Produção**. 2003. 320 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

NEUMANN, P. S. et al. Agroindústria familiar de massas na região da quarta colônia do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina, **Anais...** Londrina: SOBER, 2007.

OLIVEIRA, M. de L. A. A. de. Dados florísticos preliminares e elaboração da flórua vascular da Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 41, p. 141-153, jun. 1991.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.

ORLOV, D. S. Organic substance of Russian soils. **Eurasian Soil Science**, v. 31, p. 946-953.1998.

ORTEGA, S. F. **La material orgânica de los suelos y el humus de los suelos de Cuba**. Havana: Academia de Ciências de Cuba. 1982. 136 p.

PEDRON, F. A. **Mineralogia, morfologia e classificação de saprólitos e Neossolos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul**. 2007. 160 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PEDROTTI, A. et al. Relação entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p.1-9, 2003.

PICCOLO, A. Atmospheric CO₂ and alteration of Global Climate. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3., 1999, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Imprensa Universitária, 1999. 145 p.

PILLON, C. N. et al. **Monitoramento de indicadores da qualidade de um Cambissolo sob sistemas de manejo da pecuária familiar na Serra do Sudeste, RS.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 37).

PINHEIRO, E. F. M. et al., 2003. Matéria orgânica em Latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agrociência.** Viçosa, v. 9, n. 1, p53-56, jan./mar. 2003.

POELKING, E. L. **Aptidão, evolução e conflitos de uso das terras no município de Itaara, RS.** 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

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

REIS, M. S. Variação da composição granulométrica e orgânica do solo em uma topossequência da microrregião de Marabá (PA). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi.** Série Ciências Naturais, Belém, v. 2, n. 3, p. 33-44, set./dez. 2007.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente,** Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 29-48, jul./dez. 2003.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Centro Nacional da Pesquisa do Trigo. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 1994.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. **Substâncias húmicas aquáticas: interações com espécies metálicas.** São Paulo: UNESP, 2003. 120 p.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. de A. **Fracionamento físico do solo em estudo da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 86 p.

RUHOFF, A. L. et al. Mapeamentos de uso da terra e ocupação do espaço geográfico em Santa Maria, RS. **Revista Ra e Ga**, n. 7, p. 87-94, 2003.

RUIVO, M. de L. et al. Caracterização da Manta Orgânica e da Matéria Orgânica Leve em Diferentes Tipos de Solo em uma Topossequência na Ilha de Algodal/Maiandeuá, PA. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série Ciências Naturais, Belém, v. 1, n. 1, p. 227-234, jan./abr. 2005.

SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 2005. 158 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SALTON, J. C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 11-21, jan./fev. 2008.

SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. 508 p.

SANTOS, C. A. A. **Matéria orgânica de Argissolo vermelho e Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo e sob vegetação nativa: distribuição em frações físicas, qualidade e sorção do herbicida atrazina**. 2005. 196 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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

SBCS – Comissão de Química e Fertilidade. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed., Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.

SCHIAVO, J. A. et al. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência na Serra da Bodoquema/MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, 2007. 1 CD-ROM.

SCHNEIDER, P.; KLAMT, E.; GIASSON, E. **Morfologia do solo:** subsídios para caracterização e interpretação de solos a campo. Guaíba: Agrolivros, 2007. 72 p.

SCHWERTMANN, U. Differenzierung der Eisenoxide des boden durch photochemische extraktion mit saurer ammoniumoxalat-lösung. **Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkund**, Weinheim, v. 105, p. 194-202, 1964.

SCIPICIONI M. C. **Análise dos padrões florísticos e estruturais da comunidade arbórea-arbustiva e da regeneração natural em gradientes ambientais na Floresta Estacional, RS, Brasil.** 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 313-319, 1997.

SILVA, A. C.; VIDAL TORRADO, P. Gênese dos Latossolos húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 329-341, 1999.

SILVA, A. C. et al. Relações entre a matéria orgânica do solo e declividade de vertentes em topossequência de Latossolos do Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1059-1068, 2007.

SILVA L. B. da. **Caracterização e quantificação da matéria orgânica em horizontes A de solos sob pastagem nativa dos Campos de Cima da Serra, RS.** 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C.; Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico do Cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p.133-139, jan./fev. 2003.

SOUZA, E. D. et al. Alterações nas frações do carbono em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Acta Science Agronomy**, Maringá. v. 28, n. 3, p. 305-311, jul./set., 2006.

SPARKS, D. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2nd ed. New York: J. Wiley, 1994. 496 p.

STOLT, M.H.; BAKER, J. C.; SIMPSON, T. W. Soil-landscape relationships in Virginia: I. Soil variability and parent material uniformity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, p. 414-421, 1993.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.

STÜRMER, S. L. K. **Infiltração de água em Neossolos Regolíticos do Rebordo do Planalto do Rio grande do Sul**. 2008.104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SWIFT, R. S.; In: **Methods of soil analysis**. Part 3. chemical methods – SSSA Book series no 5. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, 1996, p. 1011.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v. 33, p. 141-163, 1982.

TISDALL, J.M. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. **Plant and Soil**, v. 159, p. 115-121, 1994.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica**: uma introdução a análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 115 p.

ZALAMENA, J. **Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do Rebordo do Planalto – RS**. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

ANEXOS

Anexo A – Aspecto geral dos diferentes usos da terra (Lavoura, Capoeira e Floresta) na área de estudo no município de Itaara (RS).



Anexo B – Transeito dos pontos amostrados no tratamento lavoura. A área encontrava-se cultivada com a cultura do milho (*Zea mays*).



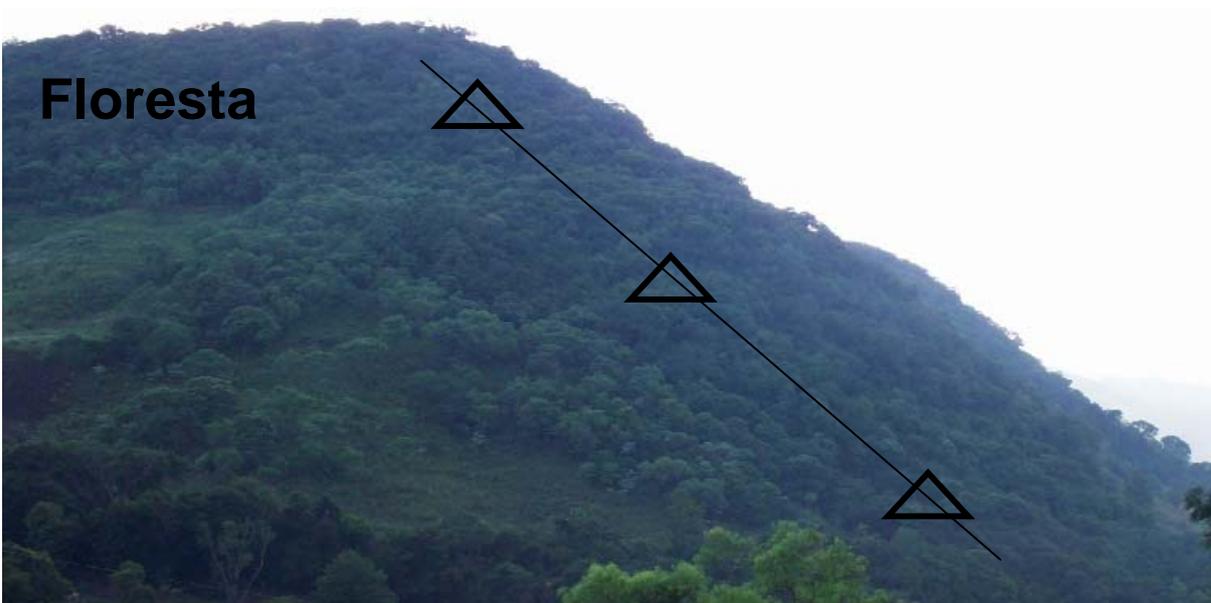
Anexo C - Pontos amostrados para o tratamento capoeira. A vegetação atual é composta predominantemente por gramíneas entremeadas de outras espécies rasteiras em ecótono com áreas florestais. A área é utilizada para pastejo do gado.

Capoeira



Anexo D - Transeto dos pontos amostrados para o tratamento floresta. A área compreende a região fitoecológica de Floresta Estacional Decidual, sendo o frio responsável pela estacionalidade das plantas.

Floresta



Anexo E - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 1.

Descrição geral

PERFIL: n° 01 – Perfil C1.

DATA: 21/03/2008.

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: Charrua.

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a Rodovia RS 158 à Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim no município de Itaara/RS (29°33,561'S 53°49,470'W).

SITUAÇÃO E DECLIVE DO PERFIL: Descrito e coletado em trincheira no topo da paisagem, com declividade de 45% (23°), sob capoeira.

ALTITUDE: 300 m.

LITOLOGIA: Rochas ígneas extrusivas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral.

CRONOLOGIA: Cretáceo inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Basalto.

PEDREGOSIDADE: Muito pedregoso.

ROCHOSIDADE: Pouco rochoso.

RELEVO LOCAL: Forte ondulado a montanhoso.

RELEVO REGIONAL: Ondulado a forte ondulado

EROSÃO: Laminar.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA E ATUAL: Floresta Estacional Decidual; Campo sujo ralo.

USO ATUAL: Potreiro.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fábio Pacheco Menezes e Fabrício de Araújo Pedron.

Descrição Morfológica

- A 0 – 12 cm; 10YR 3/2 (úmido) 7,5YR 7/2 (seco); franco siltosa; moderado a forte, pequeno a médio, blocos angulares e subangulares; dura, friável a firme, plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara; raízes comuns.
- Cr/A 60 – 80 cm; 7,5YR 3/2 (úmido) 10YR 6/3 (seco); franco siltosa; moderada, muito pequeno a pequeno, blocos subangulares e granular; ligeiramente dura, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e clara; raízes poucas.
- Cr₁ 60 – 80 cm; 5YR 3/4 (úmido) 5YR 7/3 (seco); franco siltosa; moderada, muito pequeno a pequeno, blocos subangulares e granular; ligeiramente dura, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e clara; raízes raras.
- Cr₂ 80 – 100+ cm; 10YR 5/8 10YR 5/4 10YR 4/4 (úmido) 10YR 6/4 (seco); franco siltosa; moderada, muito pequeno a pequeno, blocos subangulares e granular; muito dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes raras.

OBSERVAÇÃO: Presença de saprolito não cortável com a faca, mas escavável com a pá no horizonte A; material altamente fraturado escavável com a pá nos horizontes Cr/A, Cr₁ e Cr₂.

Aspecto do perfil n.º 1: Neossolo Regolítico Eutrófico típico no topo do uso capoeira.

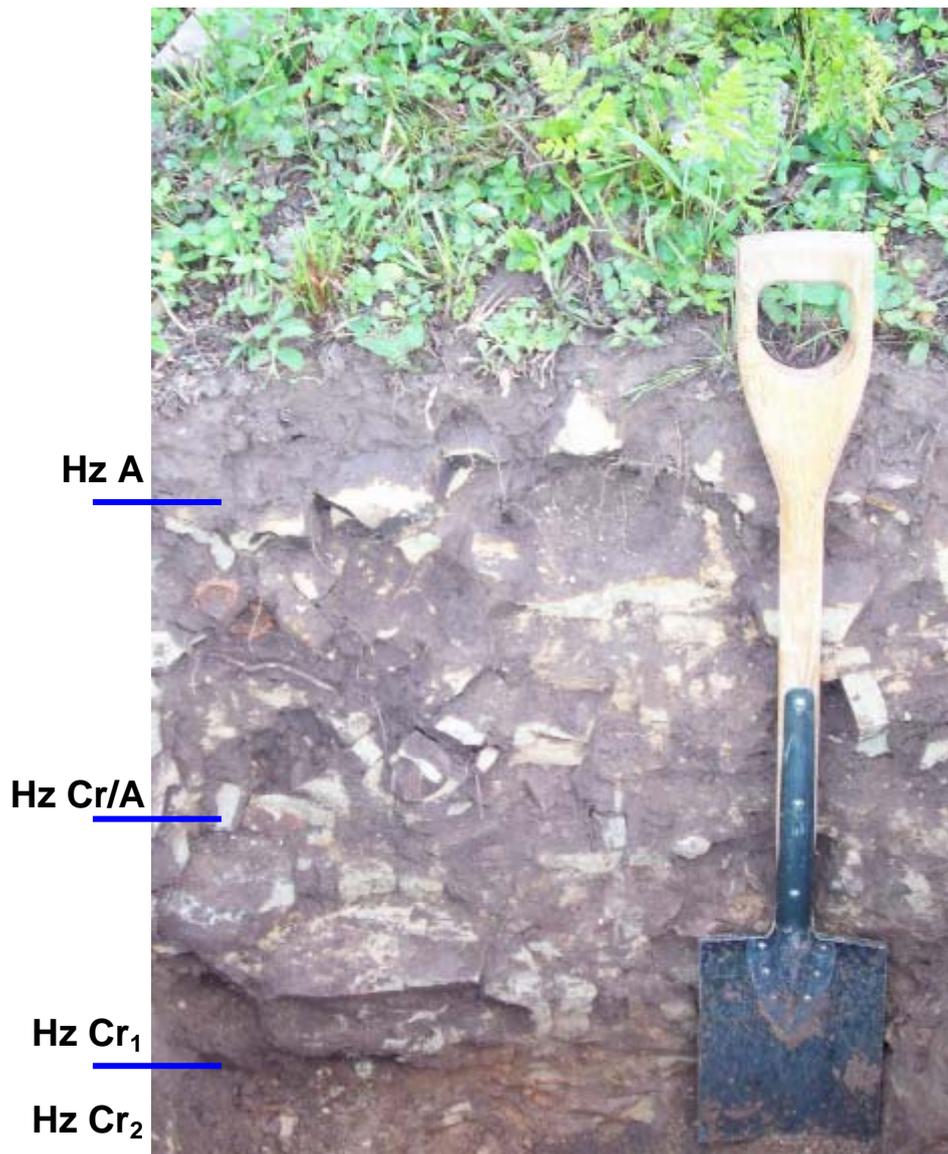


Imagem do perfil C1. A pá possui 111 cm. Itaara (RS).

Anexo F - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 2.

Descrição geral

PERFIL: n° 02 – Perfil C2.

DATA: 21/03/2008.

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: Charrua.

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a Rodovia RS 158 à Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim no município de Itaara/RS (29°33,551'S 53°49,509'W).

SITUAÇÃO E DECLIVE DO PERFIL: Descrito e coletado em trincheira na meia encosta da paisagem, com declividade de 25% (14°), sob capoeira.

ALTITUDE: 283 m.

LITOLOGIA: Rochas ígneas extrusivas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral.

CRONOLOGIA: Cretáceo inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Basalto.

PEDREGOSIDADE: Muito pedregoso.

ROCHOSIDADE: Pouco rochoso.

RELEVO LOCAL: Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL: Ondulado a forte ondulado

EROSÃO: Laminar.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA E ATUAL: Floresta Estacional Decidual; Campo sujo ralo.

USO ATUAL: Potreiro.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fábio Pacheco Menezes e Fabrício de Araújo Pedron.

Descrição Morfológica

- A 0 – 13 cm; 7,5YR 3/2 (úmido) 5YR 6/2 (seco); franco siltosa; moderado, pequeno a médio, blocos angulares e subangulares; dura, friável a firme, plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara; raízes muitas.
- Cr/A 13 – 75 cm; 5YR 3/4 (úmido) 5YR 5/2 (seco); franco siltosa; moderada, muito pequeno a pequeno, granular; ligeiramente dura, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual; raízes poucas.
- Cr 75 – 105+ cm; 5YR 3/3 (úmido) 5YR 7/2 (seco); franco siltosa; fraca, muito pequeno a pequeno, granular; dura, solto a firme, plástico e pegajoso; raízes raras.

OBSERVAÇÃO: Saprolito – amostras dos horizontes A e Cr/A apresentam tonalidades cinza claro na porção externa e cinza escuro na porção interna. Verifica-

se também a ocorrência de intemperismo do tipo “cebola” nestes horizontes. Saprolito do horizonte Cr apresenta coloração rósea e maior grau de intemperismo.

Aspecto do perfil n.º 2: Neossolo Regolítico Eutrófico típico na meia encosta do uso capoeira.

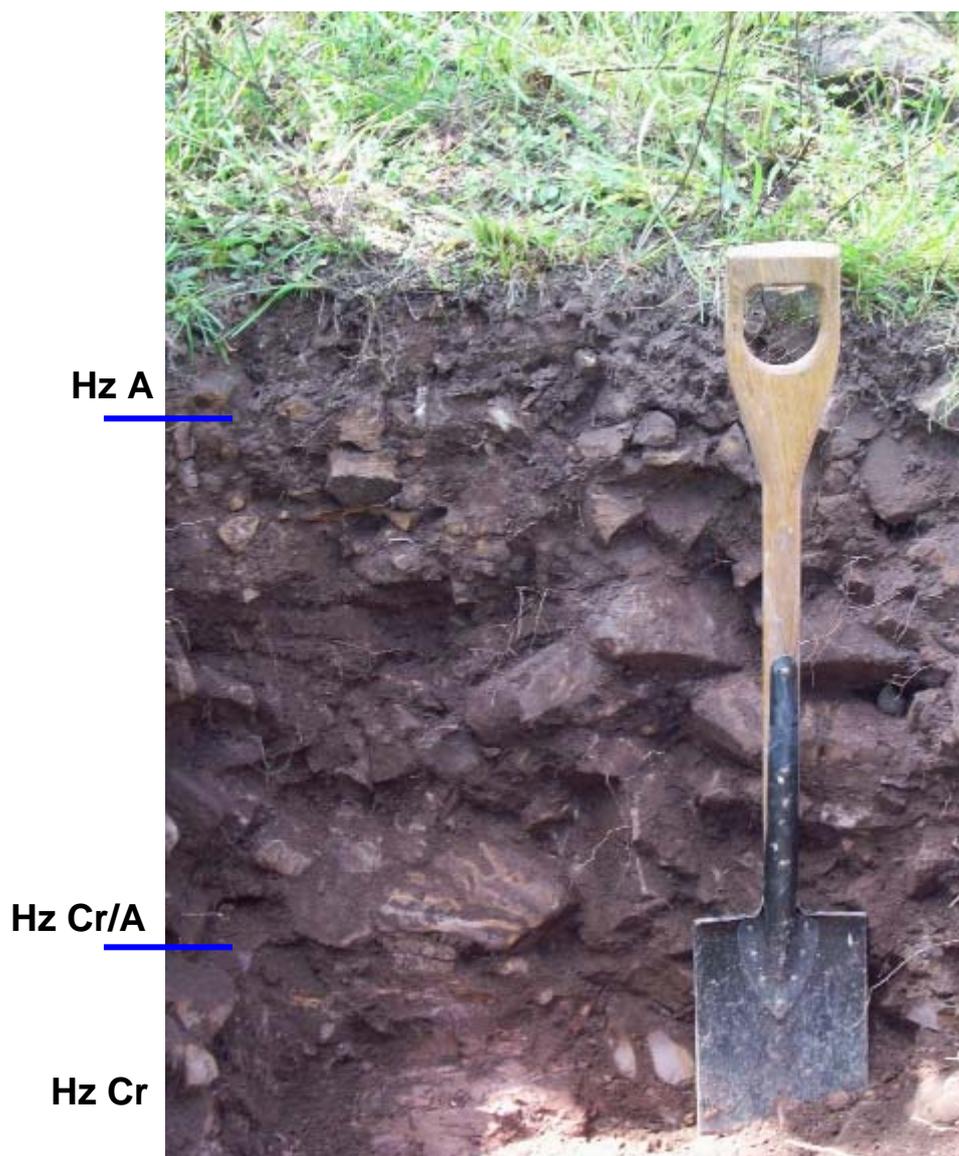


Imagem do perfil C2. A pá possui 111 cm. Itaara (RS).

Anexo G - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 3.

Descrição geral

PERFIL: n.º 03 – Perfil C3.

DATA: 21/03/2008.

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 à Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim no município de Itaara (29°33,584'S 53° 49,547'W).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em corte de estrada na encosta inferior da coxilha, com declividade de 35 % (16°), sob capoeira.

ALTITUDE: 234 m.

LITOLOGIA: Rochas ígneas extrusivas básicas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral.

CRONOLOGIA: Cretáceo inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Basalto.

PEDREGOSIDADE: Pedregosa.

ROCHOSIDADE: Rochosa.

RELEVO LOCAL: Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL: Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA E ATUAL: Floresta Estacional Decidual; Campo sujo ralo.

USO ATUAL: Potreiro.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fábio Pacheco Menezes e Fabrício de Araújo Pedron.

Descrição Morfológica

- A 0 – 15 cm; 7,5YR 3/2 (úmido), 5YR 3/3 (seco); franco; blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e irregular, raízes abundantes.
- Cr/A 15 – 45 cm; solo: 7,5YR 3/2 (úmido), 5YR 3/3 (seco); saprolito: 10YR 5/6 (úmido), 10YR 5/8 (seco); blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; Solo: friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; saprolito: muito firme; transição clara e plana, comuns.
- Cr 45 – 110 cm; saprolito: 10YR 5/3 (úmido), 10YR 6/8; muito firme; transição clara e ondulada.
- R 110 – 230+ cm.

OBSERVAÇÃO: Presença de raízes abundantes no horizonte A; Comuns, finas e grossas, fasciculadas e pivotantes, de herbáceas no Cr/A; comuns, finas (menor que 0,5 cm) no Cr e poucas entre as fraturas das rochas no R.

Aspecto do perfil n.º 3: Neossolo Regolítico Eutrófico típico na encosta inferior do uso capoeira.

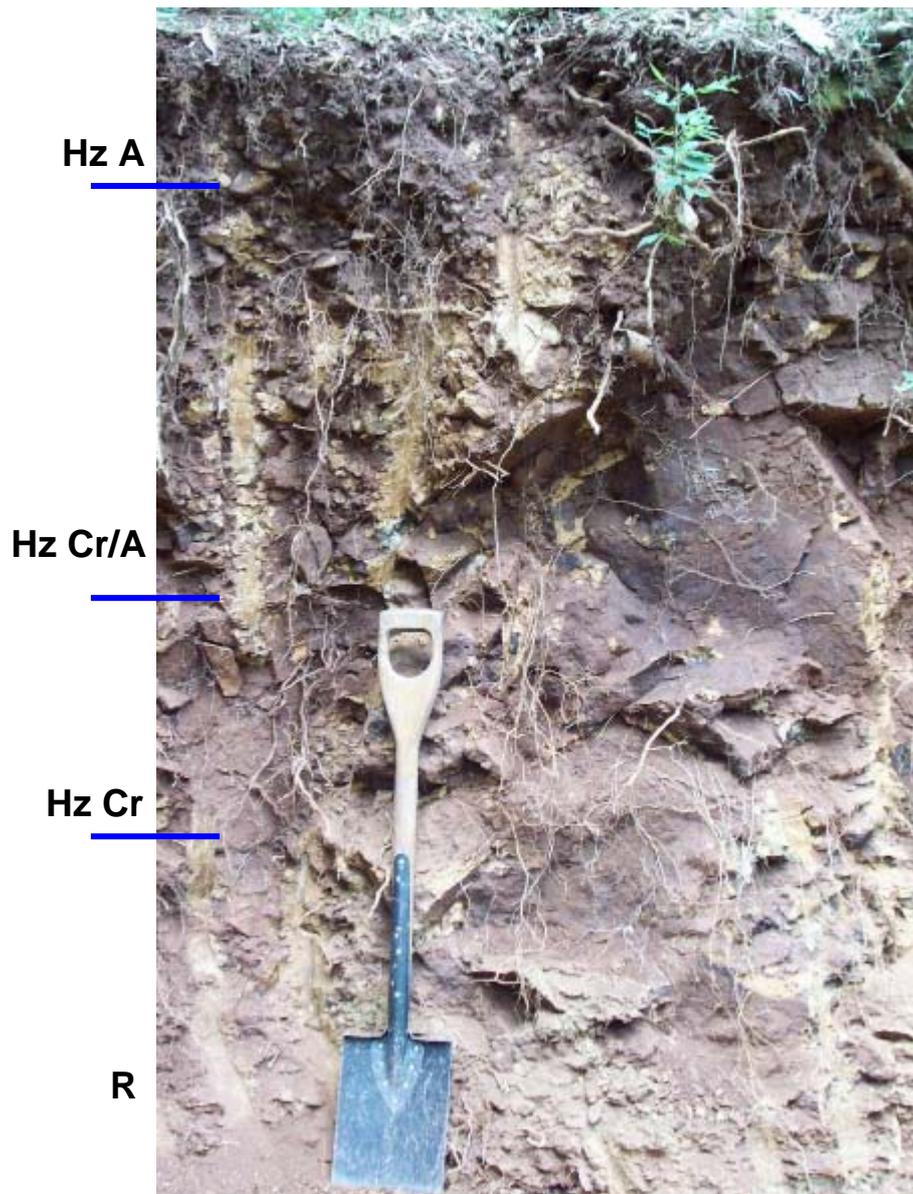


Imagem do perfil C3. A pá possui 111 cm. Itaara (RS).

Anexo H - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 4.

Descrição geral

PERFIL: nº 04 – Perfil F1.

DATA: 24/03/2008.

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 à Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim no município de Itaara (29°33,611'S 53°49,435'W).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em trincheira no topo do morro, com declividade de 65 % (29°), sob Floresta nativa.

ALTITUDE: 345 m.

LITOLOGIA: Rochas ígneas extrusivas básicas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral.

CRONOLOGIA: Cretáceo inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Basalto.

PEDREGOSIDADE: Muito pedregoso.

ROCHOSIDADE: Pouco rochosa.

RELEVO LOCAL: Montanhoso.

RELEVO REGIONAL: Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Estacional Decidual.

USO ATUAL: Floresta nativa.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fábio Pacheco Menezes e Fabrício de Araújo Pedron.

Descrição Morfológica

A 0 – 18 cm; 7,5YR 4/2 (úmido) 7,5 YR 5/2 (seco); franca a franco siltosa; moderado, pequeno a muito pequeno, blocos subangulares e granular; macia a ligeiramente duro, firme, plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e gradual; raízes muitas.

Cr/A 18 – 80 cm; 7,5YR 2,5/3 (úmido) 7,5YR 6/3 (seco); franca a franco siltosa; moderada, pequeno a muito pequeno, granular; macia, muito friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e clara; raízes comuns.

Cr 80 – 120+ cm; 5YR 4/4 (úmido) 7,5 YR 6/5 (seco); franca a franco siltosa; moderada, pequeno a muito pequeno, blocos subangulares a granular; dura, firme, plástico e pegajoso; raízes poucas.

OBSERVAÇÃO: Teste da pá no horizonte A (resistência muito alta); horizonte Cr/A e Cr (resistência baixa a moderada com fragmentos de resistência alta a muito alta).

Aspecto do perfil n.º 4: Neossolo Regolítico Eutrófico típico no topo da floresta.



Imagem do perfil F1. A pá possui 111 cm. Itaara (RS).

Anexo I - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 5.

Descrição geral

PERFIL: n° 05 – Perfil F2.

DATA: 24/03/2008.

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 à Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim no município de Itaara (29°33,630'S 53°49,449'W).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em trincheira na meia encosta, com declividade de 55 % (25°), sob Floresta nativa.

ALTITUDE: 290 m.

LITOLOGIA: Rochas ígneas extrusivas básicas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral.

CRONOLOGIA: Cretáceo inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Basalto.

PEDREGOSIDADE: Muito pedregoso.

ROCHOSIDADE: Pouco rochosa.

RELEVO LOCAL: Montanhoso.

RELEVO REGIONAL: Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Estacional Decidual.

USO ATUAL: Floresta nativa.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fábio Pacheco Menezes e Fabrício de Araújo Pedron.

Descrição Morfológica

- A 0 – 18 cm; 5YR 4/2 (úmido), 5YR 3/2 (seco); franco siltosa; moderado a fraco, pequeno a muito pequeno, blocos subangulares e granular; ligeiramente duro, firme, plástico e não pegajoso; transição ondulada e clara; raízes muitas.
- Cr/A 18 – 43 cm; 10YR 5/3 (úmido) 7,5 YR 3/4 (seco); franco siltosa; moderada a fraca, muito pequeno a pequeno, granular; ligeiramente dura, firme, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual; raízes muitas.
- Cr 43 – 85 cm; 5YR 3/3 (úmido) 7,5 YR 2,5/3 (seco); franca; moderada a fraca, muito pequeno a pequeno, granular; ligeiramente dura, firme, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual; raízes muitas.
- RCr 85 – 115+ cm; 7,5 YR 6/3 (úmido) 5YR 3/4 (seco); raízes poucas.

OBSERVAÇÃO: Poros pequenos a muito pequenos; muitos nos horizontes A e Cr/A;
Poros pequenos; muitos no horizonte Cr.

Aspecto do perfil n.º 5: Neossolo Regolítico Eutrófico típico na meia encosta da Floresta.

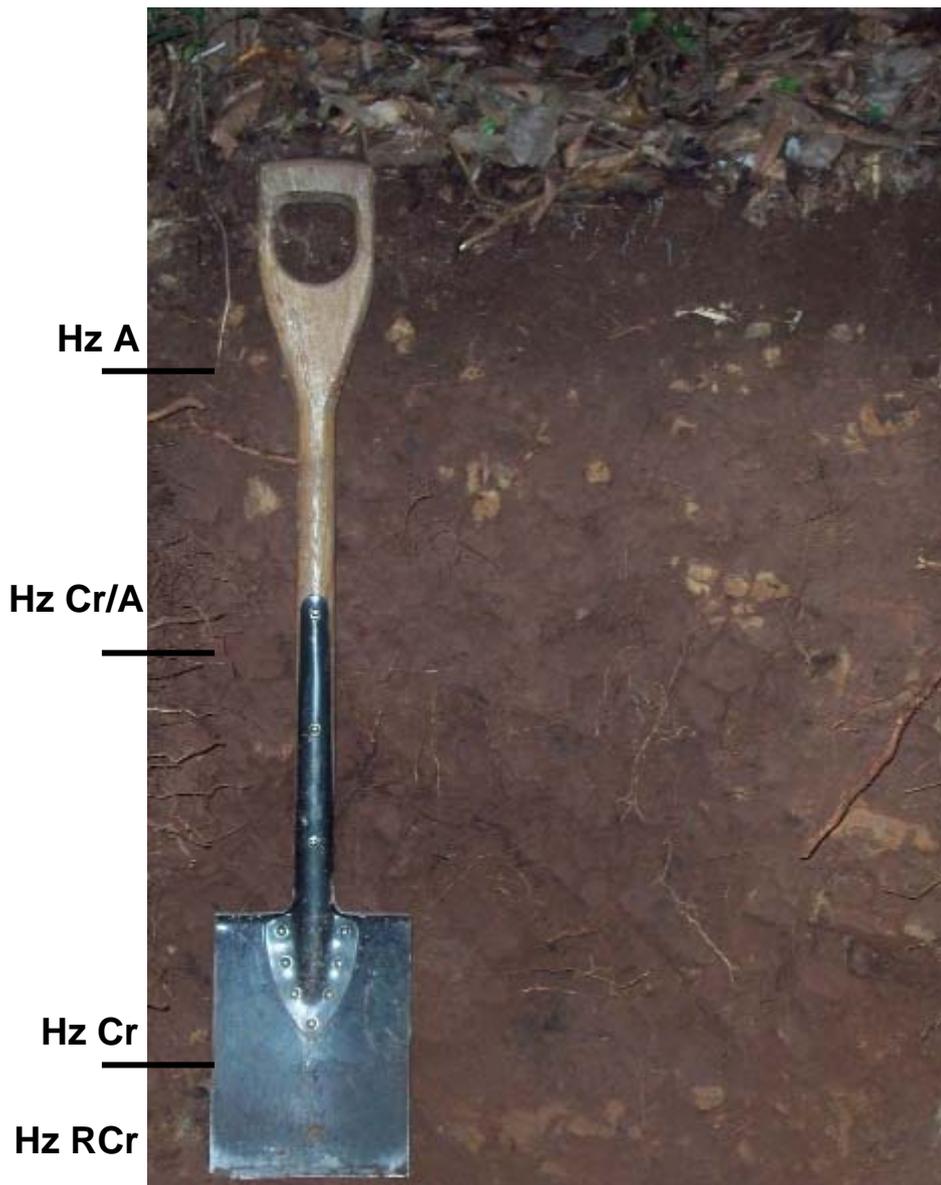


Imagem do perfil F2. A pá possui 111 cm. Itaara (RS).

Anexo J - Descrição morfológica do Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico 1.

Descrição geral

PERFIL: n° 06 – Perfil F3.

DATA: 24/03/2008.

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico.

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 à Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim no município de Itaara (29°33,648'S 53°49,480'W).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em trincheira na meia encosta, com declividade de 40 % (18°), sob Floresta nativa.

ALTITUDE: 196 m.

LITOLOGIA: Rochas ígneas extrusivas básicas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral.

CRONOLOGIA: Cretáceo inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Basalto.

PEDREGOSIDADE: Pouco pedregoso.

ROCHOSIDADE: Pouco rochosa.

RELEVO LOCAL: Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL: Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Estacional Decidual.

USO ATUAL: Floresta nativa.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fábio Pacheco Menezes e Fabrício de Araújo Pedron.

Descrição Morfológica

- A 0 – 14 cm; 5YR 3/3 (úmido), 5YR 3/2 (seco); franca; forte, pequeno a médio, blocos angulares e subangulares; dura, friável a firme, plástico e muito pegajoso; transição clara e plana; raízes muitas.
- AB 14 – 41 cm; 5YR 3/3 (úmido), 7,5YR 3/4 (seco); franca; forte, pequeno a médio, blocos angulares e subangulares; ligeiramente duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição clara e plana; raízes comuns.
- Bi 41 – 65 cm; 2,5YR 3/3 (úmido), 5YR 4/4 (seco); franca; forte, pequeno a médio, blocos angulares e subangulares; muito dura, friável a firme, plástico e muito pegajoso; transição clara e ondulada; raízes comuns.
- C 65 – 100+ cm; 10YR 5/6 (úmido), 7,5YR 5/3 (seco); franca; forte, pequeno a médio, blocos angulares e subangulares; dura, firme a muito firme, plástico e muito pegajoso; raízes poucas.

OBSERVAÇÃO: Ocorre linha de arenito no horizonte AB. Perfil descrito em área deposicional.

Aspecto do perfil n.º 6: Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico na encosta inferior da Floresta.

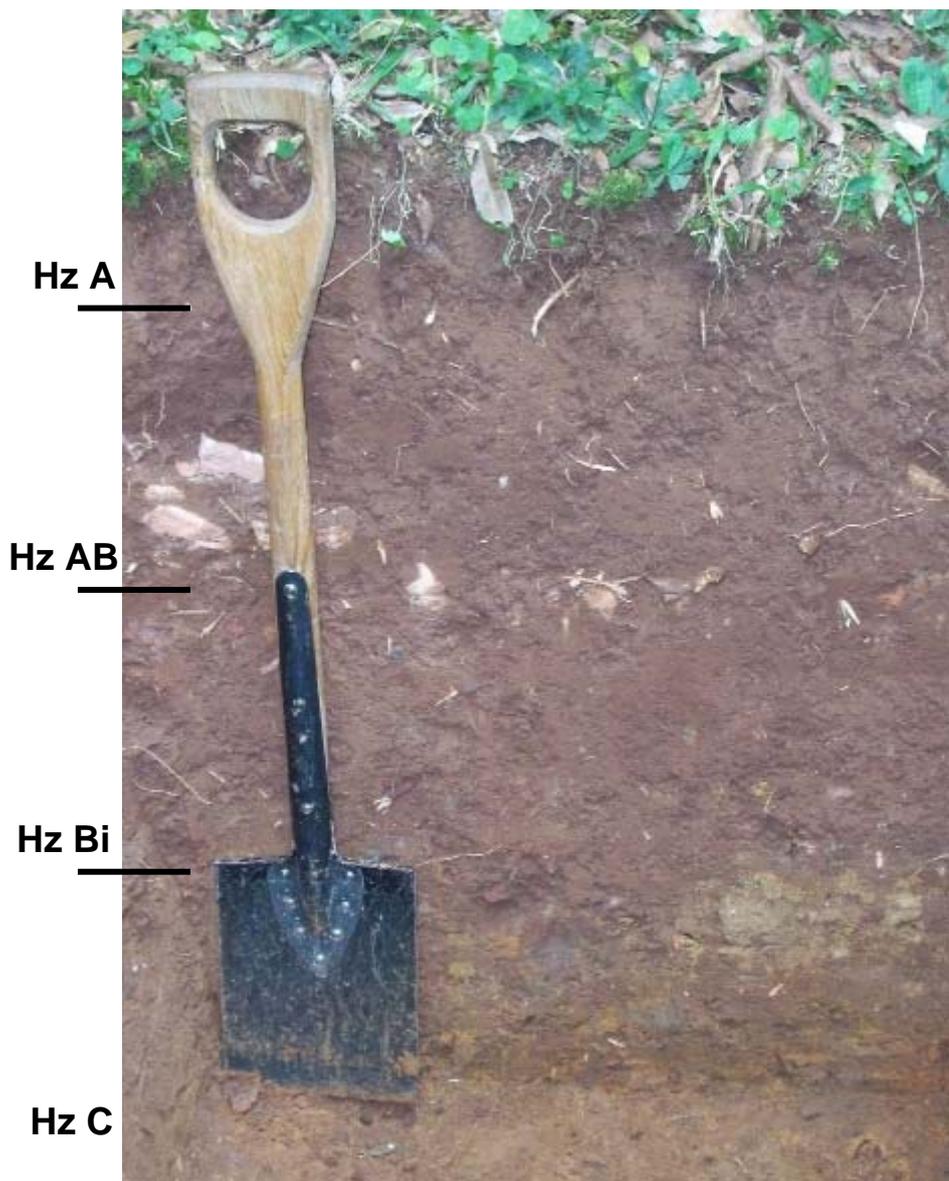


Imagem do perfil F3. A pá possui 111 cm. Itaara (RS).

Anexo K - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 6.

Descrição geral

PERFIL: nº 07 – Perfil L1.

DATA: 30/03/2008.

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 à Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim no município de Itaara (29°33,502'S 53°49,399'W).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em trincheira no topo de morro, com declividade de 65 % (29°), sob lavoura.

ALTITUDE: 315 m.

LITOLOGIA: Rochas ígneas extrusivas básicas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral.

CRONOLOGIA: Cretáceo inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Basalto.

PEDREGOSIDADE: Muito pedregoso.

ROCHOSIDADE: Pouco rochosa.

RELEVO LOCAL: Montanhoso.

RELEVO REGIONAL: Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Estacional Decidual.

USO ATUAL: Lavoura.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fábio Pacheco Menezes e Fabrício de Araújo Pedron.

Descrição Morfológica

- A 0 – 14 cm; 5YR 3/2 (úmido), 5YR 4/2 (seco); franca a franco siltosa; moderada a fraca, média e muito pequena, blocos angulares e subangulares; ligeiramente duro, friável a firme, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada; raízes muitas.
- Cr/A 14 – 44 cm; 7,5YR 3/2 (úmido), 7,5YR 5/2 (seco); franca a franco siltosa; moderada a fraca, média e muito pequena, blocos angulares e subangulares; ligeiramente dura, friável, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada; raízes comuns.
- Cr 44 – 90+ cm; 7,5YR 3/3 (úmido), 5YR 3/3 (seco); franca a franco siltosa; moderada a fraca, média e muito pequena, blocos angulares e subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada; raízes poucas.

OBSERVAÇÃO: Poros muitos; pequenos a muito pequenos nos horizontes A e Cr/A; muitos; pequenos no horizonte Cr.

Aspecto do perfil n.º 7: Neossolo Regolítico Eutrófico típico no topo da lavoura.

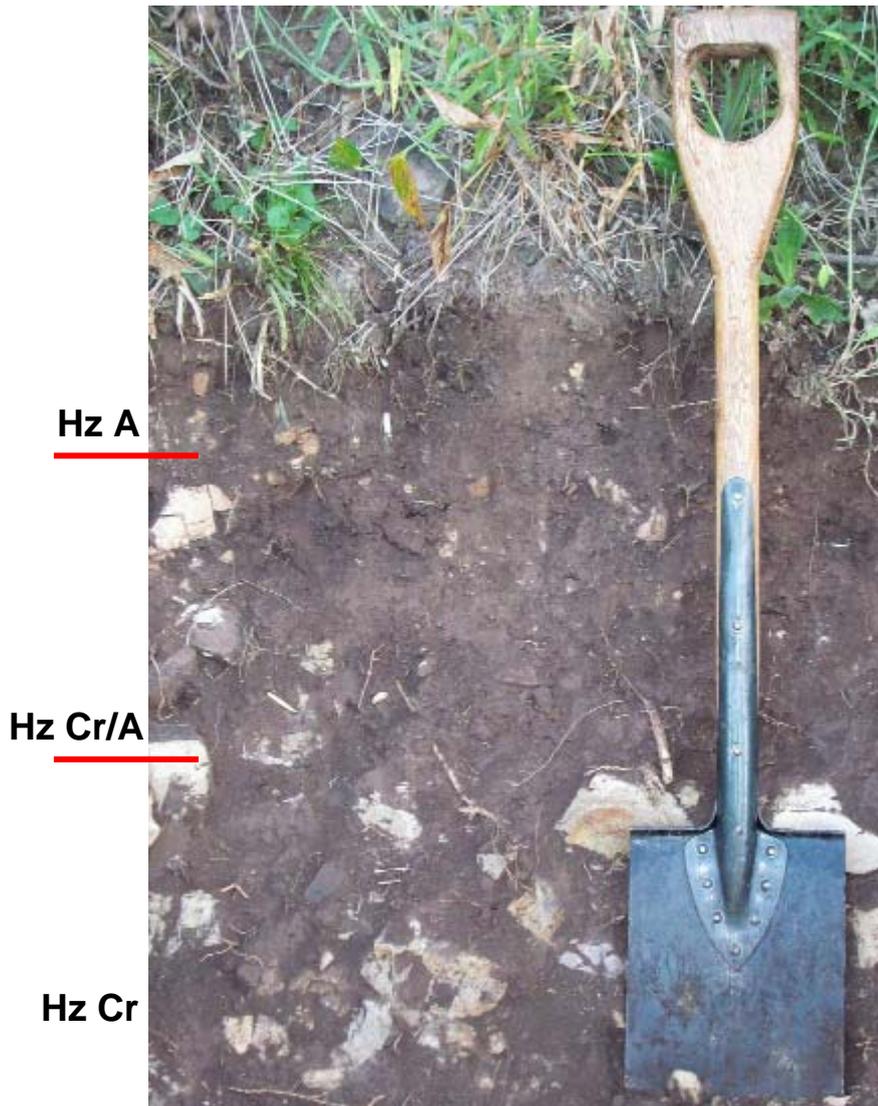


Imagem do perfil L1. A pá possui 111 cm. Itaara (RS).

Anexo L - Descrição morfológica do Neossolo Regolítico Eutrófico típico 7.

Descrição geral

PERFIL: n° 08 – Perfil L2.

DATA: 30/03/2008.

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 à Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim no município de Itaara (29°33,469'S 53°49,449'W).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em trincheira na meia encosta, com declividade de 30 % (16°), sob lavoura.

ALTITUDE: 283 m.

LITOLOGIA: Rochas ígneas extrusivas básicas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral.

CRONOLOGIA: Cretáceo inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Basalto.

PEDREGOSIDADE: Muito pedregoso.

ROCHOSIDADE: Pouco rochosa.

RELEVO LOCAL: Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL: Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Estacional Decidual.

USO ATUAL: Lavoura.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fábio Pacheco Menezes e Fabrício de Araújo Pedron.

Descrição Morfológica

- A 0 – 15 cm; 7,5YR 3/2 (úmido), 5YR 3/4 (seco); franca; fraca, pequena a muito pequena, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada; raízes muitas.
- Cr 15 – 80+ cm; 5YR 3/3 saprolito 5YR 4/8 (úmido), 5YR 3/3 (seco); franca; fraca, pequena a muito pequena, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada; raízes comuns.

OBSERVAÇÃO: Material saprolítico facilmente cortável com a pá.

Aspecto do perfil n.º 8: Neossolo Regolítico Eutrófico típico na meia encosta da lavoura.

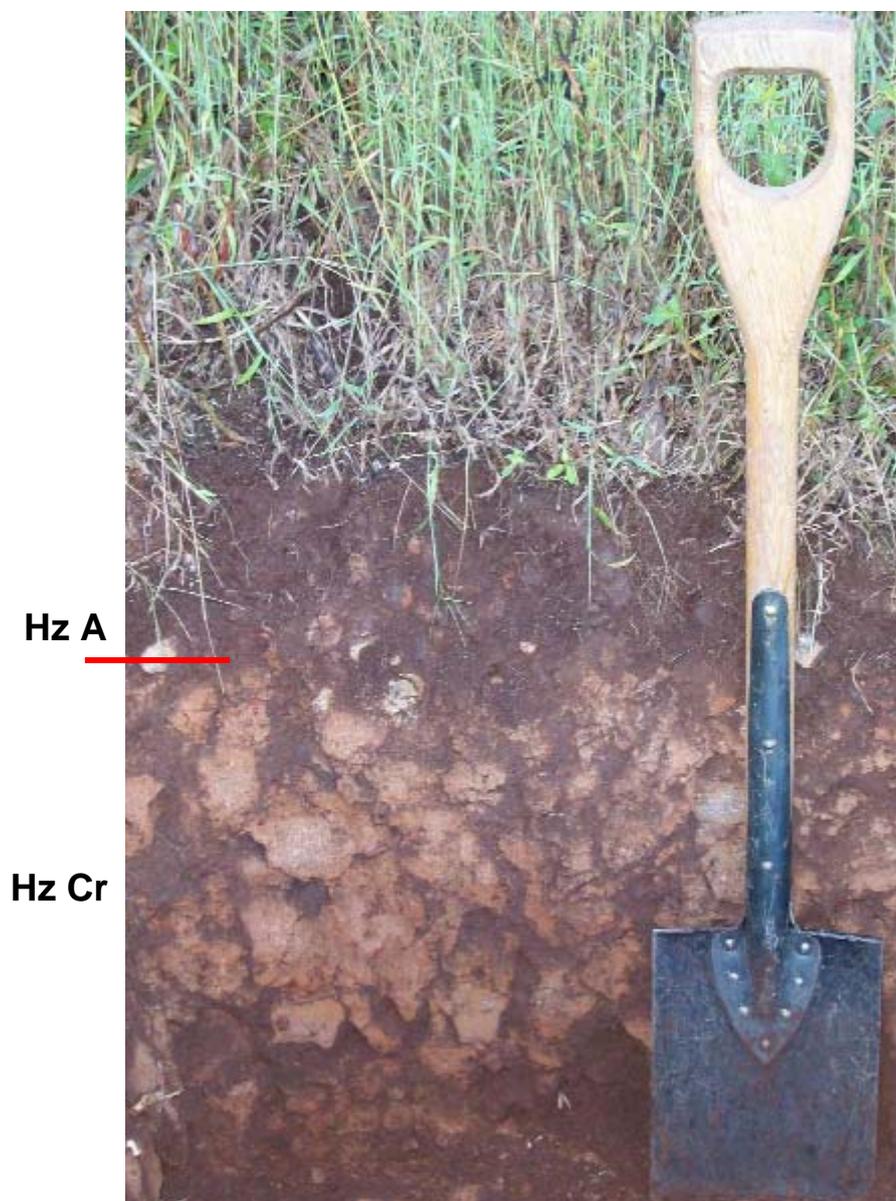


Imagem do perfil L2. A pá possui 111 cm. Itaara (RS).

Anexo M - Descrição morfológica do Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico 2.

Descrição geral

PERFIL: n° 09 – Perfil L3.

DATA: 12/05/2008.

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPTICO Ta Eutrófico típico.

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 à Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim no município de Itaara (29°33,440'S 53°49,508'W).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em trincheira na meia encosta, com declividade de 20 % (9°), sob lavoura.

ALTITUDE: 259 m.

LITOLOGIA: Rochas ígneas extrusivas básicas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral.

CRONOLOGIA: Cretáceo inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Basalto.

PEDREGOSIDADE: Pouco pedregoso.

ROCHOSIDADE: Pouco rochosa.

RELEVO LOCAL: Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL: Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Estacional Decidual.

USO ATUAL: Floresta nativa.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fábio Pacheco Menezes e Fabrício de Araújo Pedron.

Descrição Morfológica

- A 0 – 38 cm; 5YR 3/5 (úmido), 7,5YR 4/2 (seco); franca; moderada a forte, médio a pequeno, blocos angulares e subangulares; ligeiramente dura, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana; raízes comuns.
- Bi 38 – 60+ cm; 2YR 3/5 (úmido), 5YR 3/4 (seco); franca; moderada a forte, médio a pequeno, blocos angulares e subangulares; muito dura, firme, plástico e pegajoso; raízes poucas.

OBSERVAÇÃO: Poros muitos; pequenos a muito pequenos nos horizontes A e Bi.

Aspecto do perfil n.º 9: Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico na encosta inferior da lavoura.

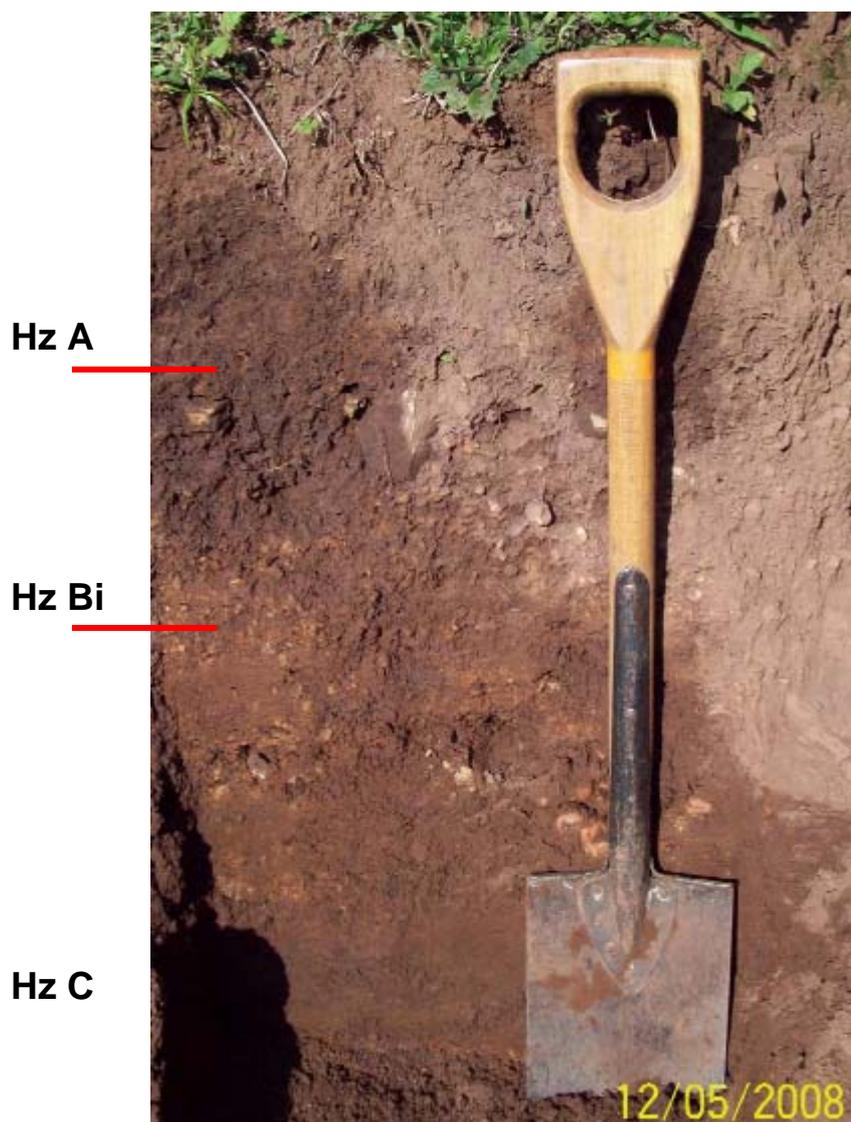


Imagem do perfil L3. A pá possui 111 cm. Itaara (RS).