

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

**INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM NEOSSOLOS
REGOLÍTICOS DO REBORDO DO PLANALTO DO
RIO GRANDE DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Sidinei Leandro Klöckner Stürmer

Santa Maria, RS, Brasil

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM NEOSSOLOS REGOLÍTICOS DO REBORDO DO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL

por

Sidinei Leandro Klöckner Stürmer

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Processos Físicos e Morfogenéticos do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 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

**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

**INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM NEOSSOLOS REGOLÍTICOS DO
REBORDO DO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por
Sidinei Leandro Klöckner Stürmer

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ricardo Simão Diniz Dalmolin
Presidente/Orientador

Prof. Dr. Antônio Carlos de Azevedo (ESALQ)

Dr. Fabrício de Araújo Pedron (UFSM)

Santa Maria, 29 de fevereiro de 2008.

Aos meus pais

Renito José Stürmer, Maria Edi Klöckner Stürmer,

ao meu querido irmão Júnior Klöckner Stürmer

e à minha namorada Francieli Steffler Weber,

peças fundamentais para que eu pudesse chegar aqui neste momento,

dedico esta pequena obra.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Renito José Stürmer e Maria Edi Klöckner Stürmer, ao meu irmão Júnior Klöckner Stürmer e minha namorada Francieli Steffler Weber, pelo seu amor, dedicação, apoio moral e financeiro e incentivo nas horas em que mais necessitei.

Aos meus orientadores, Professores Antônio Carlos de Azevedo e Ricardo Simão Diniz Dalmolin, pela oportunidade oferecida, pela amizade, conversas, atenção dedicada, por acreditar em minha capacidade e pelo exemplo de pessoas que vocês são.

Aos professores Dalvan José Reinert, Carlos Alberto Ceretta, Thomé Lovato, Danilo Reinheimer dos Santos e José Miguel Reichert, pela assistência dada, colaboração nas discussões sobre o projeto e estímulo à realização do mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade oferecida e pelos serviços prestados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – pela concessão de bolsa de estudos e apoio financeiro para a execução do trabalho.

Ao amigo e colega Fabrício de Araújo Pedron, sempre um fiel companheiro nas horas de discussão e árduo trabalho, além do companheirismo nos bons e maus momentos.

A todos os colegas de Pós-Graduação, em especial a Douglas Rodrigo Kaiser, Fábio Pacheco de Menezes, Alexandre ten Caten, Eduardo Giroto, Fabiano Braga, Marcelo Kunz, Otávio Bagiotto Rossato, Jovani Zalamena, Ricardo Batista Cerezer Delamea, por todos os anos de amizade e companheirismo, pela convivência e ajuda em todos os momentos.

Aos estudantes do Laboratório de Morfologia, Gênese e Classificação do Solo da UFSM, pela ajuda na execução do trabalho, pelo empenho e dedicação nas tarefas, pela amizade, convivência e companheirismo.

Aos grandes amigos “Bratz”, “Caxias”, “Clóvis”, “Pell”, “Kunz”, “Paulinho”, “Claudião”, “Missioneiro”, Bruno, “Fulia” e “Mercadinho”, pelos momentos de descontração e discussões filosóficas, base fundamental para meu crescimento intelectual e social.

A todos que contribuíram para a execução do trabalho e gostariam de receber palavras de agradecimento, mas infelizmente não foram citados, o agradecimento fica no convívio que tivemos.

***“É vantagem dos déspotas manter o povo ignorante.
A nossa é transformar a ignorância em cultura,
educação e inteligência”.***
Mao Tsé Tung.

RESUMO

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

INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM NEOSSOLOS REGOLÍTICOS DO REBORDO DO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL

Autor: Sidinei Leandro Klöckner Stürmer

Orientador: Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Local e data da defesa: Santa Maria, 29 de fevereiro de 2008.

Os Neossolos Regolíticos, mesmo sendo utilizados com sucesso do ponto de vista econômico, principalmente com fruticultura e reflorestamento, apresentam baixo potencial de uso devido à sua pequena profundidade efetiva, presença de pedregosidade e/ou rochividade, contato lítico a pequena profundidade e ocorrência freqüente em terrenos declivosos. Visto que os Neossolos têm sido classificados como materiais de baixo potencial de uso geral, ao mesmo tempo em que têm sido descritos inadequadamente no campo, um maior volume de dados e uma análise mais particular se fazem necessários para a melhor interpretação desses solos, uma vez que a filtragem da água de percolação, retenção de solutos e fluídos e sua possível transformação, são de especial interesse na manutenção da qualidade da água que atinge os reservatórios subterrâneos. Nesse sentido este estudo procurou gerar informações sobre conjuntos regolíticos que ocorrem na região do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul como forma de colaborar com o desenvolvimento de ferramentas técnico - científicas que permitam um melhor entendimento das propriedades ambientais destes solos e o seu uso racional. Para tal foram determinadas algumas características químicas (pH, carbono orgânico no solo, saturação por bases e alumínio, capacidade de troca de cátions, determinação do complexo sortivo); físicas (agregação, densidade do solo e do saprólito, porosidade, distribuição granulométrica, armazenamento de água no saprólito, fraturamento do saprólito) e; morfológicas (espessura dos perfis, cor, consistência) em cinco Neossolos da região central do RS. Para cada Neossolo foram descritos e analisados três perfis. Através da análise dos perfis pôde-se perceber que há grandes variações no comportamento hídrico dos diferentes Neossolos e também, mesmo a curtas distâncias, entre os perfis dentro do mesmo solo. A análise dos componentes principais indicou que a infiltração de água no solo tem estreita relação com a porosidade total do solo, com os ângulos de fraturamento do saprólito e com a distribuição das frações grosseira e fina do solo.

Palavras chaves: pedologia; classificação de solos, saprólito; características físicas.

ABSTRACT

Master Dissertation
Post-Graduate Program in Soil Science
Federal University of Santa Maria

WATER INFILTRATION IN NEOSSOLOS REGOLÍTICOS (REGOSSOLS) IN THE PLATEAU EDGE OF RIO GRANDE DO SUL STATE

Author: Sidinei Leandro Klöckner Stürmer

Adviser: Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Place and date of the defense: Santa Maria, February 29, 2008.

Neossolos Regolíticos (Regosols/Entisols), even is being successfully used from an economical perspective with horticulture and reforestation, are fragile from a natural resource perspective because their small depth, presence of stones and/or rocks, near surface lithic contact, fractures in saprolite and frequent occurrence in steep slopes. Neossolos have been classified as materials of low potential use, which in part caused inadequate morphological field description by soil survey teams. Population growth and urban expansion requires over areas with Neossolos require larger volume of data and a more specific analysis for a better interpretation of these soils capacity to filtrate water, retain and transform solute and water contributing to the maintenance of the water quality that reaches the underground reservoirs. In that sense this study was an attempt to generate information on Neossolos from the edge of the Plateau of Rio Grande do Sul State. Five Neossolos profiles were studied regarding their chemical (pH, soil organic carbon, bases and aluminum saturation, cations exchange capacity); physical (aggregation, bulk density of soil and saprolite, pore space, size distribution of soil particles, water storage capacity of the saprolite, fractures in the saprolite) and morphologic (profile thickness, soil color, consistence) analyses were performed. A correlation analysis of these attributes with the water infiltration in soil resulted that there were great variations in the hydraulic behavior among the Neossolos sampled in different location as well as among the replications in the same location. The main components analysis indicated that the soil water infiltration has strong relationship with the total porosity, angles of fractures in the saprolite and with the distribution of the particle size fractions of the soil.

Key words: Pedology, soil classification; saprolite; physic characteristics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distribuição dos Neossolos e suas associações no Estado do RS (adaptado de Brasil, 1973 e Streck et al, 2002).	19
Figura 2 – Ilustração indicando a localização dos solos amostrados dentro da área do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.	34
Quadro 1 – Material de origem e características ambientais dos solos estudados. .	35
Figura 3 – Equipamento (picnômetro de areia) utilizado para a determinação da densidade pelo método da escavação.	39
Figura 4 – Quadro de madeira (40X40 cm) com linhas horizontais espaçadas de 10 cm entre elas (a); detalhe do equipamento utilizado para a determinação do ângulo das fraturas presentes na camada saprolítica dos perfis estudados (b).	44
Figura 5 – Detalhes do equipamento utilizado para a determinação da infiltração de água.	47
Figura 6 – Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água no horizonte A dos três perfis avaliados no Neossolo 1.	59
Figura 7 – Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água no horizonte A dos três perfis avaliados no Neossolo 2.	61
Figura 8 – Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água no horizonte A dos três perfis avaliados no Neossolo 3.	63
Figura 9 – Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água no horizonte A dos três perfis avaliados no Neossolo 4.	64
Figura 10 – Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água no horizonte A dos três perfis avaliados no Neossolo 5.	65
Figura 11 – Curvas de retenção de água para os três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados.	68

Figura 12 – Taxa de infiltração de água no solo (a) e infiltração acumulada (b) nos três perfis amostrados do Neossolo 1.	73
Figura 13 – Taxa de infiltração de água no solo (a) e infiltração acumulada (b) nos três perfis amostrados do Neossolo 2.	75
Figura 14 – Taxa de infiltração de água no solo (a) e infiltração acumulada (b) nos três perfis amostrados do Neossolo 3.	76
Figura 15 – Taxa de infiltração de água no solo (a) e infiltração acumulada (b) nos três perfis amostrados do Neossolo 4.	77
Figura 16 – Taxa de infiltração de água no solo (a) e infiltração acumulada (b) nos três perfis amostrados do Neossolo 5.	78
Figura 17 – Diagrama de ordenação das características e dos perfis amostrados em cinco Neossolos da região do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Algumas classes de solos, nível categórico em que a informação saprólito é usada e características utilizadas na definição da classe de solo (EMBRAPA, 2006).	23
Tabela 2 – Classes granulométricas segundo Santos et al. (2005).	38
Tabela 3 – Caracterização química dos cinco perfis modais dos solos estudados...49	
Tabela 4 – Profundidade, granulometria total, granulometria da terra fina e relação silte/argila no horizonte A dos três perfis dos cinco Neossolos estudados.	51
Tabela 5 – Caracterização granulométrica do horizonte A dos três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados, apresentada em porcentagem com base na massa e com base no volume.	53
Tabela 6 – Densidade do solo obtida por dois diferentes métodos (anel volumétrico e escavação) e do saprólito, obtida pelo método do torrão parafinado, no horizonte A dos três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados.	55
Tabela 7 – Porosidade total, macro e microporosidade do solo no horizonte A dos três perfis amostrados para cada um dos cinco Neossolos estudados.	57
Tabela 8 – Diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP) e índice de estabilidade (DMG/DMGs) dos agregados no horizonte A dos três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados.	66
Tabela 9 – Número, ângulo em relação ao plano gravitacional, espessura e preenchimento das fraturas do saprólito nos três perfis dos cinco Neossolos estudados.	70
Tabela 10 – Quantidade de água armazenada em saprólitos coletados no horizonte Cr dos três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados.	72

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Descrição morfológica do Neossolo 1	90
ANEXO B – Descrição morfológica do Neossolo 2	93
ANEXO C – Descrição morfológica do Neossolo 3	96
ANEXO D – Descrição morfológica do Neossolo 4	99
ANEXO E – Descrição morfológica do Neossolo 5	102

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Importância dos Neossolos	18
2.2 Saprólito	20
2.3 Funções ambientais do solo	24
2.4 Água no solo	25
2.5 Infiltração de água no solo	26
3 HIPÓTESE	31
4 OBJETIVO GERAL	32
4.1 Objetivos específicos	32
5 MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1 Solos e área de estudo	34
5.2 Análises morfológicas	36
5.3 Análises químicas	37
5.4 Análises físicas	38
5.4.1 Análise granulométrica	38
5.4.2 Densidade do solo	39
5.4.3 Densidade do saprólito	40
5.4.4 Macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo	41
5.4.5 Distribuição do tamanho de agregados à seco, estáveis em água e diâmetro médio dos agregados	42
5.4.6 Curva característica de água no solo	43
5.4.7 Fraturamento da camada saprolítica	44
5.4.8 Armazenamento de água no saprólito	45
5.4.9 Infiltração de água no solo	45

5.5 Tratamento estatístico dos dados	47
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
6.1 Atributos morfológicos e químicos do solo	49
6.2 Atributos físicos	51
6.2.1 Análise granulométrica	51
6.2.2 Densidade do solo e do saprólito	54
6.2.3 Macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo	57
6.2.4 Distribuição do tamanho de agregados à seco, estáveis em água e diâmetro médio dos agregados	59
6.2.5 Curva característica de água no solo	67
6.2.6 Fraturamento da camada saprolítica	70
6.2.7 Armazenamento de água no saprólito	71
6.2.8 Infiltração de água no solo	72
6.3 Análise estatística dos dados analisados	79
7 CONCLUSÕES	82
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	89

1 INTRODUÇÃO

O relevo e os solos das encostas da Serra Geral do Estado do Rio Grande do Sul foram sendo modelados pela ação dos fatores de formação do solo ao longo dos anos. A partir da última glaciação, ocorrida há mais ou menos 12 mil anos, passou a dominar um clima quente e úmido, o qual possibilitou a expansão das florestas e do sistema de drenagem dos rios, com suas inúmeras espécies vegetais e animais.

Nos últimos anos, a intensificação das atividades agropecuárias sobre essa região tem alterado de maneira significativa a dinâmica dos ecossistemas naturais. Essa ação antrópica altera o ciclo hidrológico natural, potencializando os processos dissipativos da energia acumulada na superfície do solo e a sua transferência progressiva aos ecossistemas aquáticos. As conseqüências desse processo podem ser visualizadas tanto na perda da fertilidade da camada superficial dos solos, quanto na contaminação das águas superficiais, culminando com a transferência de grandes quantidades de elementos químicos e substâncias tóxicas aos oceanos e lençóis aquáticos mais profundos.

As particularidades em relação ao regime hídrico, temperatura, radiação solar, relevo e geologia afetam a gênese dos solos, diferenciando características morfológicas, químicas, físicas e mineralógicas, conforme seu ambiente de formação.

Os Neossolos, mesmo sendo utilizados intensivamente, principalmente com fruticultura e reflorestamento, apresentam baixo potencial de uso devido a sua pequena profundidade efetiva, pedregosidade e/ou rochiosidade, presença de contato lítico e ocorrência freqüente em terrenos declivosos.

Como os Neossolos rasos têm sido classificados como materiais de baixo potencial de uso geral, e têm sido descritos inadequadamente no campo devido à dificuldade em se descrever e caracterizar o solo/saprólito, um maior volume de dados e uma análise mais particular se fazem necessários para uma melhor interpretação desses solos. As informações resultantes desses esforços podem trazer contribuições ao manejo e ao planejamento de uso dessas áreas.

Por isso, é crescente o interesse a respeito destes solos, haja vista o aumento na pressão de uso pela expansão urbana e rural, e seu potencial de

contaminação direta dos reservatórios subterrâneos, já que a capacidade de depuração do solo é reduzida devido a sua pequena espessura.

Nesse sentido, a determinação e o conhecimento do fluxo de água em diferentes Neossolos no Estado do Rio Grande do Sul e a sua relação com os atributos morfológicos do solo são importantes, uma vez que permitem entender as interações entre fenômenos hidrológicos, biológicos e climatológicos, servindo de subsídio para o entendimento da modelagem das fontes naturais de nutrientes, mudanças climáticas em longo prazo e movimentação de poluentes.

Portanto, é iminente a necessidade de estudo e geração de dados e informações sobre conjuntos regolíticos da região central do Rio Grande do Sul, como forma de colaborar com o desenvolvimento de ferramentas técnico – científicas. Tais ações contribuem com os gestores ambientais, concedendo-lhes maior poder de decisão sobre as práticas mais adequadas de uso e manejo das terras para os mais diversos fins, permitindo uma exploração mais adequada dos recursos naturais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância dos Neossolos

Os Neossolos, segundo EMBRAPA (2006) são um grupo de solos pouco evoluídos e com ausência de horizonte B diagnóstico. São solos que apresentam reduzida atuação dos processos pedogenéticos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material de origem, pelas características do próprio material, devido a sua resistência ao intemperismo associada a sua composição química, e pelas condições do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos. Apresentam insuficiência de manifestação dos atributos diagnósticos que caracterizam os diversos processos de formação, além da exígua diferenciação de horizontes, com individualização de horizonte A seguido de C ou R, com predomínio de características herdadas do material de origem.

Os Neossolos podem ser classificados no segundo nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2006) em: Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos. As áreas de ocorrência dos Neossolos Litólicos, possivelmente associados aos Neossolos e Regolíticos no Estado do Rio Grande do Sul totalizam aproximadamente 12 % (BRASIL, 1973; Streck et al., 2002) sem considerar suas associações com outras unidades (Figura 1).

As terras de encosta do RS são muito vulneráveis à degradação quando exploradas com a agricultura. Esta fragilidade ocorre devido à combinação de relevo acidentado com a pequena profundidade efetiva do solo. De acordo com Bernardes (1997), a ocupação destas áreas iniciou a partir do ano 1850 com a chegada dos imigrantes italianos e alemães. Como as terras eram férteis a agricultura avançou sobre a floresta sendo que, conforme Itaqui (2002), estas áreas eram cultivadas por pequenos períodos de tempo e logo abandonadas, passando os agricultores a derrubar a floresta para a implantação de novas áreas de cultivo. Este processo continua atualmente, sendo que os agricultores familiares, predominantes nestas áreas, praticam, em sua maior parte, uma agricultura de subsistência e de baixa sustentabilidade. Ainda se faz necessário um avanço no conhecimento científico para que haja o estabelecimento de uma política adequada que possa auxiliar os

agricultores familiares a praticar uma agricultura sustentável. O mesmo autor cita que mais recentemente, nestas áreas, tem ocorrido o estabelecimento de empreendimentos turísticos e também a expansão de áreas urbanas, as quais contribuem para a degradação do ambiente.

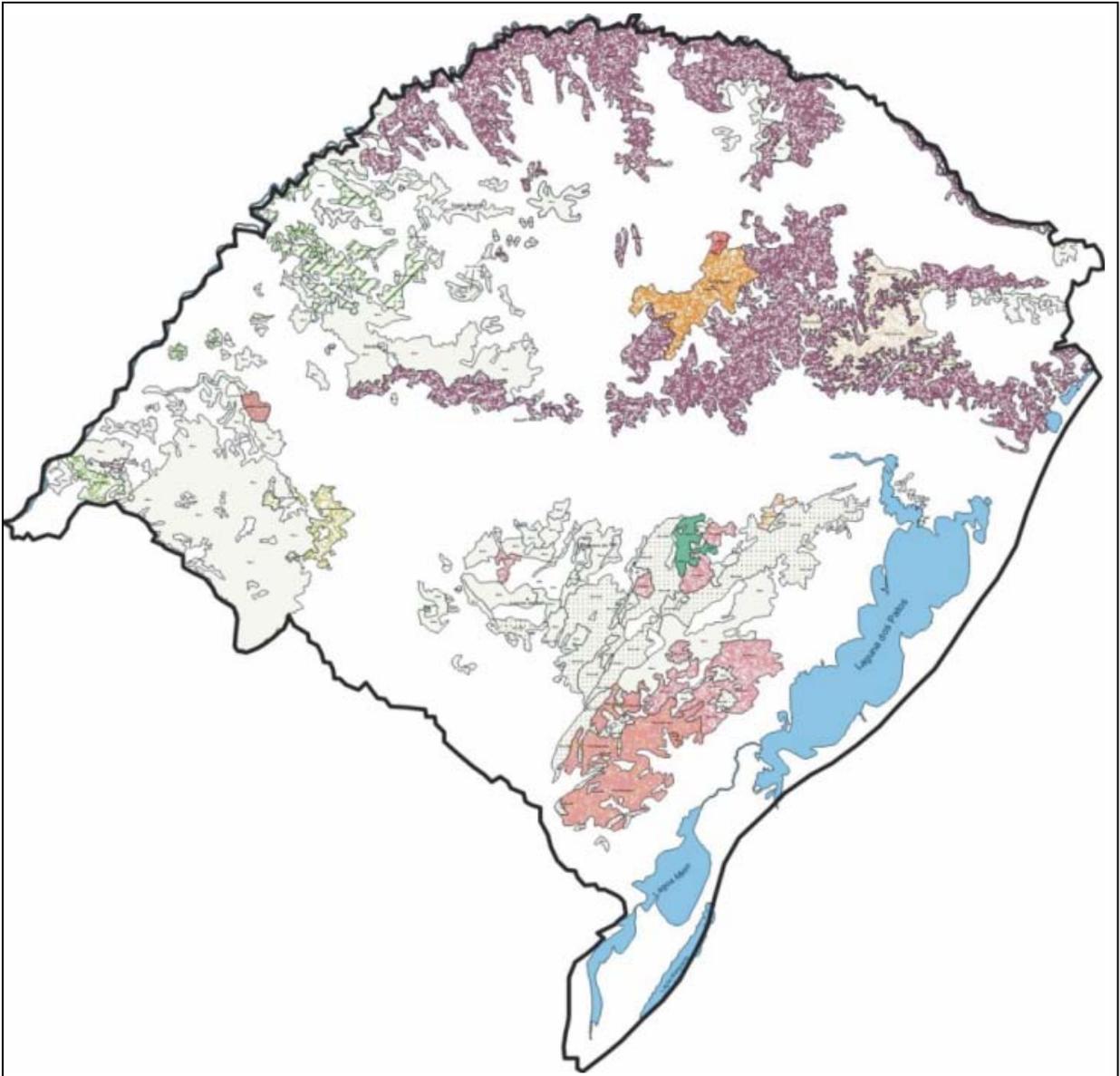


Figura 1 – Distribuição dos Neossolos e suas associações no Estado do RS (adaptado de BRASIL, 1973 e Streck et al, 2002).

O potencial de uso agrícola, florestal e tecnológico (suporte a obras civis, descarte de resíduos, sustentação de biomassa, filtragem de água, retenção e transformação de solutos) de um solo é reflexo da sua caracterização morfológica, física, química e biológica, resultantes da sua pedogênese, associadas às condições

do ambiente onde o solo se encontra. Nesse caso, solos como os Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos, devido à sua pequena profundidade efetiva, grande pedregosidade e/ou rochosidade, presença de contato lítico, fraturamento e ocorrência freqüente em terrenos declivosos, são aqueles que possuem potencial de uso mais fortemente influenciado pelo grau de intemperismo e pela presença de camada saprolítica no perfil (Machado, 1997; EMBRAPA, 2006; Pedron, 2007).

Nas áreas de encostas do RS predominam os Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos (BRASIL, 1973; Streck et al., 2002). Em termos gerais, a diferença entre estas duas classes de solo reside na profundidade do contato lítico (contato entre material escavável manualmente com a pá reta, como o solo ou o saprólito, e material não escavável manualmente com a pá, como a rocha). Nos Neossolos Litólicos o contato lítico ocorre dentro de 50 cm de profundidade, enquanto nos Neossolos Regolíticos o contato lítico se dá em profundidades maiores que 50 cm (EMBRAPA, 2006). É muito comum a ocorrência de Neossolos Litólicos associados aos Neossolos Regolíticos, visto que a diferença entre os dois solos está relacionada com o grau de intemperismo do material de origem, o que de fato é bastante variável considerando a disposição geomorfológica do material e sua composição química (Bland & Rolls, 1998). Essa associação, muitas vezes complexa, dificulta a separação dessas classes em levantamentos de solos, mesmos naqueles com maior nível de detalhamento.

Visto que os Neossolos rasos têm sido classificados como materiais de baixo potencial de uso geral, ao mesmo tempo em que têm sido descritos inadequadamente no campo devido à dificuldade em se descrever e caracterizar o saprólito (Machado, 1997), um maior volume de dados e uma análise mais particular se fazem necessários para uma melhor interpretação desses solos. As informações resultantes desses esforços podem trazer contribuições ao manejo e ao planejamento de uso dessas áreas.

2.2 Saprólito

Saprólito é a porção da rocha alterada isovolumetricamente e que ainda mantém a estrutura da rocha original (Buol, 1994), encontrada entre a rocha inalterada e o solo, podendo apresentar qualquer dureza compatível com essa condição de rocha semi-alterada e, conseqüentemente, com variados graus de

limitação ao livre desenvolvimento do sistema radicular. O saprólito somado ao solo constitui a camada superficial da crosta terrestre conhecida como regolito. O saprólito se diferencia do solo pelo predomínio de mecanismos de alteração geoquímicos sobre os pedogenéticos, e por isso tem sido considerado por muitos como parte não integrante do solo (Calvert et al., 1980; Oliveira, 2001), o que de fato não é consenso entre pedólogos e geólogos (Oh & Richter, 2005). A importância do saprólito está em suas funções ambientais, tão importantes quanto à dos solos, porém, muito pouco estudados. Nas descrições de perfis de solos contidas nos boletins de levantamentos pedológicos, as informações sobre o saprólito são escassas ou inexistentes. As descrições geralmente se restringem a mencionar que a seção, às vezes impropriamente identificada pelo símbolo R, é representada por rocha semi-alterada (Machado, 1997).

A importância da caracterização minuciosa do volume solo em sua integralidade, desde a superfície até a rocha inalterada, é atualmente inconteste. O solo, anteriormente tido mais como substrato para suporte e nutrição para as plantas, tinha no espaço ocupado pela rizosfera o foco de atenção. Atualmente, a caracterização do solo tem sua demanda ampliada muito além daquela até então requerida pela área agrônoma, como, por exemplo, na área ambiental, a qual requer uma caracterização do saprólito muito mais completa do que a apresentada até então nos mapas pedológicos. Atualmente, os problemas envolvendo solos e ambientes antrópicos (transformados ou construídos pela ação humana) possuem caráter cada vez mais complexo e intermultidisciplinar (Pedron et al., 2004), o que tem promovido a salutar aproximação de pedólogos, geotécnicos, engenheiros e geólogos.

Uma das grandes dificuldades encontradas pelos pedólogos tem sido a de diferenciar com segurança o que seja rocha inalterada (representada pela letra R) ou muito pouco alterada (RCr) da rocha alterada identificada como saprólito (CrR, Cr). Além disso, de acordo com Machado (1997), não há uma terminologia consistente e uma metodologia de caracterização específica.

A conceituação para saprólito existente no Brasil não tem acompanhado a evolução ocorrida em outros países, como nos Estados Unidos, onde já existe uma proposta para taxonomia desses materiais (Buol, 1994). Apesar da escassa bibliografia nacional sobre saprólitos, percebe-se a grande variação em sua morfologia e estágios de alteração, que tem influência direta no seu comportamento

agrícola e geotécnico.

Um dos atributos mais importantes dos saprólitos diz respeito à sua consistência e, portanto, à sua atuação na rizosfera, retenção e infiltração de água. Saprólitos com valores elevados de resistência mecânica à penetração e, frequentemente, com densidade alta, podem apresentar severas limitações ao enraizamento do sistema radicular das plantas. A quantidade de fraturas existente é nesses casos importante, pois facilitam o enraizamento e aumentam a quantidade de água infiltrada no perfil do solo (Machado, 1997). Essas informações apresentam grande importância no planejamento agrícola e, especialmente, no florestal.

O saprólito é constituído por material de dureza e intemperismo variável e geralmente apresenta teores mais elevados de minerais primários alteráveis do que os horizontes suprajacentes (Melo et al., 1995; Pedron, 2007) o que demonstra a importância desse material na nutrição mineral das plantas. Pode-se citar, por exemplo, a importância do K^+ contido nas estruturas cristalinas, especialmente nas illitas, para a nutrição das plantas (Moterle et al., 2007).

Outro aspecto fundamental é a produção de porosidade através da matriz da rocha alterada, resultando em um meio que transmite e retém água. Conforme Sternberg et al. (1996) em solos poucos profundos de ecossistemas submetidos a períodos sazonais de seca, a água retida na rocha parcialmente intemperizada é de fundamental importância.

O saprólito também tem grande importância para a geotecnia. Ele pode atingir grandes espessuras, chegando com frequência, nas regiões tropicais quentes e úmidas, a dezenas de metros. Thomas (1974), apud Van Wambeke (1991), relata a presença de regolito com mais de 100 m de espessura. Assim, na interpretação dos mapas pedológicos para fins de aterro sanitário ou como local para deposição de resíduos industriais ou urbanos, é importante considerar a espessura, constituição e comportamento do saprólito, especialmente no que se refere à sua capacidade adsortiva e à sua condutividade hidráulica, ambas importantes na estimativa do efeito da dispersão e avanço de contaminantes.

No atual SiBCS (EMBRAPA, 2006) faz-se referência à presença de saprólito, sendo utilizada esta informação no segundo e quarto nível categórico, conforme a Tabela 1, o que demonstra que nos últimos anos tem surgido uma necessidade crescente de caracterizar com mais detalhes os materiais saprolíticos (Machado, 1997; Oliveira, 2001).

Tabela 1 – Algumas classes de solos, nível categórico em que a informação saprólito é usada e características utilizadas na definição da classe de solo (EMBRAPA, 2006).

Classe de solo	Nível categórico	Caracterização
Neossolo Litólico	2° nível	Horizonte A sobre C, Cr ou R e contato lítico dentro de 50 cm
Neossolo Regolítico	2° nível	Horizonte A sobre C ou Cr e contato lítico a profundidade maior que 50 cm
Argissolo Vermelho Eutrófico abrupto saprolítico	4° nível	Presença de horizonte Cr dentro de 100 cm...
Argissolo Vermelho Eutrófico saprolítico	4° nível	Presença de horizonte Cr dentro de 100 cm...
Cambissolo Háptico Carbonático saprolítico	4° nível	Presença de horizonte Cr dentro de 120 cm...
Chernossolo Rêndzico Órtico saprolítico	4° nível	Presença de horizonte Cr dentro de 100 cm...
Chernossolo Argilúvico Férrico saprolítico	4° nível	Presença de horizonte Cr dentro de 100 cm...
Chernossolo Argilúvico Órtico saprolítico	4° nível	Presença de horizonte Cr dentro de 100 cm...
Chernossolo Argilúvico Carbonático saprolítico	4° nível	Presença de horizonte Cr dentro de 100 cm...
Chernossolo Háptico Carbonático saprolítico	4° nível	Presença de horizonte Cr dentro de 100 cm...
Luvisso Crômico Pálico saprolítico	4° nível	Presença de horizonte Cr dentro de 100 cm...

Observações de campo indicam que as limitações de uso, convencionalmente, atribuídas a essas classes de solos nem sempre correspondem ao uso observado na prática (Machado, 1997; Oliveira, 2001), sendo que uma

caracterização mais detalhada do saprólito poderia trazer valiosas contribuições ao SiBCS.

2.3 Funções ambientais do solo

De acordo com Azevedo et al. (2007) o solo pode ser entendido como um componente dos ecossistemas. Os filossilicatos, por exemplo, tiveram papel fundamental para o surgimento e evolução da vida, pois dentre os vários mecanismos necessários para este processo pode-se citar reações que ocorrem somente na superfície de certos minerais, como a montmorilonita. Além disso, um dos processos químicos que ocorrem no solo, chamado de sorção, permite que os solos possam reter (adsorção) e liberar (dessorção) nutrientes para a assimilação pelas plantas, funcionando como um reservatório de nutrientes, enquanto a porosidade da matriz do solo serve para o armazenamento de água.

De acordo com os mesmos autores, os solos apresentam algumas funções ambientais, relacionadas à manutenção de ecossistemas, como a sustentação da produção de biomassa, filtragem, tamponamento e local de transformações, habitat biológico e reserva genética, e de importância antrópica (tecnológica e cultural) como, por exemplo, a sustentação de obras de engenharia (Azevedo, 2004; Pedron et al., 2004), fonte de material bruto (Lelles et al., 2005) e até mesmo meio de preservação histórica, como observado por Kern & Kämpf (1989) que estudaram como os costumes de tribos indígenas na região da Amazônia foram importantes na formação do solo, perceberam que o solo era usado para preservação de instrumentos.

Dentre essas funções ambientais do solo, a filtragem da água de percolação, retenção de solutos e fluídos, inclusive antrópicos, e sua possível transformação, são de especial interesse na manutenção da qualidade da água que atinge os reservatórios subterrâneos. A água subsuperficial, em sua quase totalidade, interage de alguma forma com a coluna de solo e com o saprólito. Assim, sem a perturbação de suas características naturais, o solo pode funcionar como um filtro, melhorando a qualidade da água (Brady & Weil, 2002).

A decantação dos sedimentos das águas nas represas que abastecem as cidades e a contaminação das águas dos lençóis freáticos com metais pesados (Brady & Weil, 2002) e coliformes fecais e nitrato (Kaiser, 2006), torna a proteção

dos solos à montante das bacias fluviais tão importantes para os habitantes das cidades como para os moradores das zonas rurais. É evidente, portanto, que os solos e sua utilização assumem importância de âmbito tanto econômico como social.

Portanto, como o solo está presente em grande parte das atividades humanas, o seu uso racional, economicamente viável e ambientalmente sustentável, exige um conhecimento prévio de suas características e limitações (Streck et al., 2002). Estudos referentes à gênese, às características e à aptidão de cada solo são de fundamental importância para compreender quais as suas limitações e os seus potenciais de uso.

O conhecimento e a determinação do fluxo de água são importantes nesse processo, uma vez que permitem entender as interações entre fenômenos hidrológicos, biológicos e climatológicos, servindo de subsídio para o entendimento da modelagem das fontes naturais de nutrientes, mudanças climáticas em longo prazo e movimentação de poluentes (White & Brantley, 1995).

2.4 Água no solo

O solo é constituído por três fases: uma sólida, uma líquida e uma gasosa, sendo que a fase sólida ocupa cerca de 50 % do volume do solo e é composta por uma fração mineral e uma orgânica. Na fração mineral encontram-se partículas sólidas de formas e tamanhos variáveis, que são classificadas, de acordo com o seu diâmetro, em frações granulométricas (Brady & Weil, 2002). Entretanto, não devem se confundir as frações granulométricas com os agregados do solo. Santos et al. (2005) definem os agregados como uma agregação de partículas primárias do solo que irão compor a estrutura do solo.

A composição do solo pode influir na taxa de infiltração e na capacidade de retenção da água. Em solos arenosos, ocorre infiltração mais rápida e há pouca retenção da água devido ao espaço poroso (predomínio de macroporos), que permite a drenagem livre da água do solo. Esses são solos que retêm pouca água. Nos solos argilosos, geralmente a infiltração é mais lenta e existe maior retenção de água no solo devido à presença dos microporos que retêm a água contra as forças da gravidade. Isto reduz o espaço poroso, e limita o movimento do ar e da água através do solo (Azevedo et al., 2007).

A água funciona como um solvente dos nutrientes do solo e como meio de transporte destes até a planta, e através da transpiração do vegetal, atua evitando o dessecamento das folhas, além de ter outras funções, como participar ativamente do metabolismo do vegetal e da composição e atividades dos microorganismos presentes no solo (Klar, 1984).

O comportamento da água no solo é determinado principalmente pelos potenciais gravitacional, matricial, osmótico e de pressão da água. Segundo Reichardt (1996), essas forças atuam sobre a energia livre da água do solo. A água chega ao solo através de chuva ou irrigação e poderá ser armazenada no solo pelas forças de adesão ou atração entre as moléculas de água e as partículas de solo, ou seja, através do potencial matricial. Esta água pode ser perdida por lixiviação ou não ser absorvida pelo solo e ser perdida por erosão superficial devido ao potencial gravitacional. O potencial osmótico é concernente à presença de solutos no solo, enquanto que o potencial de pressão é importante quando existe a presença de uma lâmina de água que proporciona uma carga hidráulica.

2.5 Infiltração de água no solo

Infiltração é o termo utilizado para o processo de entrada de água no solo, geralmente por fluxo descendente e por toda ou parte da superfície do solo. A taxa de infiltração de água no solo é definida pelo volume de fluxo de água infiltrado por unidade de tempo. Ela afeta não somente a quantidade de água que será utilizada pela comunidade de plantas, mas também a quantidade de água que escoará pela superfície do solo e que será descarregada nos cursos de água (Hillel, 1998).

O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é utilizada para a correta escolha de sistemas de irrigação e drenagem, bem como para seu dimensionamento. É importante também porque a taxa de infiltração de água permite avaliar a quantidade de chuva que definitivamente infiltra no solo e o possível escoamento superficial provocado pela mesma, assim como se pode também avaliar o tempo em que a água permanecerá empoçada na superfície do solo, mantendo-o alagado (Forsythe, 1975).

Vários métodos têm sido desenvolvidos e empregados para a determinação da taxa de infiltração de água. Estes métodos podem ser classificados de vários modos, de acordo com a maneira com que a água é aplicada, bem como pela

maneira utilizada para realizar as medições. Basicamente podem-se caracterizar três diferentes tipos de infiltrômetros para a determinação da infiltração: infiltrômetros que utilizam a diferença entre a água aplicada e a água escoada superficialmente; infiltrômetros que mantêm a água confinada numa determinada área, proporcionando uma carga hidráulica sobre a superfície do solo; e infiltrômetros que permitem a determinação da infiltração a partir dos dados de escoamento superficial (Espínola, 1977).

A taxa de infiltração de água no solo é considerada um bom indicativo da qualidade física do solo (Bertol et al., 2000), e quando reduzida até níveis muito baixos aumenta o risco de erosão e de déficit hídrico e nutricional nas plantas, fazendo com que as raízes se desenvolvam superficialmente, diminuindo a sua produtividade (Rosolem et al., 1994; Moraes et al., 1995).

Os diversos fatores dos quais depende a infiltração de água no solo, podem ser divididos em quatro categorias: fatores relacionados ao solo; fatores relacionados à superfície; fatores relacionados ao preparo e manejo do solo; outros fatores (Brandão et al., 2006).

A relação de dependência da infiltração com esses fatores pode ser explicada em função da influência que estes exercem, principalmente, sobre a condutividade hidráulica e sobre o encrostamento superficial, sendo que a infiltração é diretamente proporcional à condutividade hidráulica saturada, ou solo próximo à saturação.

Os fatores relacionados ao solo incluem suas características e propriedades químicas, físicas e mineralógicas. A textura e a estrutura, que são determinantes da quantidade, forma e continuidade de macroporos, são as características físicas que tem maior influência sobre a condutividade hidráulica e a estabilidade de agregados (Brandão et al., 2006).

Segundo Reichardt (1996) como a condutividade hidráulica depende do espaço poroso, ela varia enormemente de um solo para outro, e também dentro de um mesmo solo, devido a variações estruturais, compactação e espessura dos horizontes.

Outro fator relacionado à infiltração de água é a quantidade de silte presente no solo. Aumentando a sua proporção, há uma redução da infiltração, uma vez que esta fração tem um baixo potencial para formar agregados, e tem pequeno tamanho, o que facilita seu deslocamento para camadas mais profundas do solo onde podem acabar causando entupimento dos poros. Já os solos de textura mais arenosa,

possuem maior quantidade de macroporos que os solos com maior teor de argila, apresentando assim, maior condutividade hidráulica e maior taxa de infiltração (Rawls et al., 1996). No entanto, alguns solos argilosos bem estruturados podem apresentar maior condutividade hidráulica que alguns solos com estrutura instável, apresentando assim, maior taxa de infiltração.

Quando se fala de densidade do solo, observa-se que quanto mais denso for o solo, menores serão as taxas de infiltração, devido à redução tanto na porosidade total quanto na macroporosidade de solo. Solos que apresentam argilas expansíveis também tendem a diminuir o tamanho dos poros, e em consequência, a condutividade hidráulica.

Outro fator determinante no processo de infiltração de água é o tipo de cobertura da superfície do solo. Áreas urbanizadas apresentam menores taxas de infiltração que áreas agrícolas, devido à impermeabilização da superfície. Além disso, principalmente em solos com menor espessura e alocados sob matas, como o caso dos Neossolos, o sistema radicular das plantas cria caminhos preferenciais que favorecem o movimento da água (Alves et al., 2005).

A cobertura vegetal é responsável pelo aumento da macroporosidade da camada superficial, aumentando a condutividade hidráulica do solo, além de proteger os agregados do impacto direto das gotas de água. Dessa forma, a cobertura vegetal é capaz de manter altas taxas de infiltração e diminuir consideravelmente as perdas de água e solo (Pellegrini, 2006).

De acordo com Brandão et al. (2006) o manejo do solo, caracterizado pelo tipo de preparo realizado para a operação de semeadura das plantas, exerce influência direta na taxa de infiltração. Métodos de preparo do solo onde a cobertura do solo é removida e sua estrutura é alterada, como o preparo convencional, com operações de aração e gradagem, tendem a formar camadas encrostadas na superfície do solo, conhecido como selamento superficial, que diminui drasticamente a taxa de infiltração de água. Ao contrário deste, os manejos do solo que visam a sua conservação, que mantêm resíduos vegetais na superfície e preservam ao máximo a sua estrutura, apresentam-se mais favoráveis ao processo de infiltração de água.

Cintra et al. (1983), caracterizando o impedimento mecânico em um Latossolo Vermelho do Rio Grande do Sul, encontraram uma diminuição na taxa de infiltração de água após 120 minutos, de $31,4 \text{ mm h}^{-1}$ para $6,3 \text{ mm h}^{-1}$, de uma área de mata

nativa para um solo cultivado com a sucessão trigo/soja sob preparo convencional, respectivamente.

Alves & Cabeda (1999), usando chuva simulada com duas intensidades, estudaram a infiltração de água em um Argissolo Vermelho submetido a preparo convencional e ao sistema plantio direto. Os resultados demonstraram que o preparo convencional, com a superfície do solo desprotegida, favoreceu o selamento superficial do solo, o que se refletiu no decréscimo da taxa de infiltração, menor infiltração acumulada e menor taxa constante de infiltração. O preparo convencional, mesmo na menor intensidade de chuva estudada ($62,9 \text{ mm h}^{-1}$) apresentou taxa de infiltração 41 % inferior à encontrada para o plantio direto.

Processos naturais, tais como a precipitação e as propriedades da água variam com o tempo e interagem com os demais fatores que afetam a infiltração. Nesse sentido, características como a intensidade da chuva, diâmetro médio, velocidade final da gota, energia cinética, a fluidez e a concentração de sólidos podem provocar alterações na capacidade de infiltração do solo (Brandão et al., 2006).

A pedregosidade presente no solo também pode influenciar a infiltração de água. Epstein et al. (1966), estudando o efeito de fragmentos de rochas na enxurrada, erosão e umidade do solo perceberam que a infiltração e a umidade do solo diminuíram quando esses fragmentos foram retirados do solo e relataram que esse fato depende de uma série de fatores. Segundo esses autores, as pedras podem funcionar como “mulching” interceptando e dissipando a energia das gotas de chuva, diminuindo o selamento superficial. Além disso, a presença das pedras faz com que o solo tenha maior quantidade de espaço poroso não capilar, o que aumenta a infiltração de água. Resultados semelhantes também foram apresentados por Sauer & Logsdon (2002).

Outras contribuições sobre o movimento de água são dadas por Bouma et al. (1977). Segundo esses autores, a condutividade hidráulica do solo saturado é influenciada pelo tamanho, abundância e continuidade dos canais radiculares e rachaduras estruturais do solo e do saprólito. Como o saprólito contém fraturas herdadas do material de origem, assim como veios de quartzo e planos de foliação, é possível que os poros geológicos possam governar o movimento de água por esse material (Vepraskas et al., 1991). Esses mesmos autores relatam que na Carolina do Norte (EUA) há sérias restrições quanto ao despejo no solo da água utilizada em

serviços domésticos, quando não tratada, visto que ela pode fluir por esses caminhos preferenciais e atingir o lençol freático.

3 HIPÓTESE

Existe relação entre parâmetros morfométricos de conjuntos regolíticos (solo-saprólito) em diferentes estágios de intemperização, como profundidade do solo e fraturas na camada saprolítica (número, espessura, ângulo e preenchimento), com a infiltração de água determinada pelo método dos anéis concêntricos em Neossolos da região central do RS.

4 OBJETIVO GERAL

Este estudo teve como objetivo gerar informações sobre conjuntos regolíticos que ocorrem na região denominada Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul como forma de colaborar com o desenvolvimento de ferramentas técnico - científicas que permitam um melhor entendimento das propriedades ambientais destes materiais (solos + saprólitos) e o seu uso racional, além de conceder aos gestores ambientais um maior poder de decisão sobre as práticas mais adequadas de uso e manejo das terras para os mais diversos fins. Da mesma forma, como o planejamento de uso dessas áreas é baseado em informações representativas, o resultado deste trabalho poderá permitir a otimização da exploração e preservação dos recursos naturais.

4.1 Objetivos específicos

- Descrever a morfometria da camada saprolítica, com ênfase no padrão de fraturamento das rochas/saprólito (espessura, número, ângulo e preenchimento);
- Determinar a permeabilidade do solo à água (teste de infiltração de água pelo método dos anéis concêntricos) em cinco Neossolos do Rebordo do Planalto da região central do Rio Grande do Sul originados de rochas extrusivas, em diferentes estádios de intemperização;
- Realizar análises de rotina (pH, carbono, CTC, saturação por bases e saturação por alumínio, complexo sortivo, entre outros) de solos paralelamente às análises para caracterização do comportamento hídrico e mecânico dos materiais;
- Produzir conjuntos de dados básicos em pedologia, geotecnia e hidrologia como espessura do perfil, profundidade dos horizontes, profundidade do contato lítico, pedregosidade, rochosidade, litologia, que permitam observar a variação das características entre o solo e o saprólito (verticalmente), e entre conjuntos solo-saprólitos em ambientes diferentes (horizontalmente);
- Determinar de parâmetros físicos, como densidade, retenção e armazenamento de água, agregação, distribuição granulométrica e porosidade do horizonte A de cinco Neossolos do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul;

- Comparar diferentes métodos (anel e escavação) para a determinação da densidade em solos pedregosos;
- Avaliar quais propriedades físicas do solo tem maior influência na infiltração de água.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Solos e área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em cinco Neossolos Regolíticos localizados nas áreas de encosta do Rebordo do Planalto do RS - área de transição da Depressão Central e Planalto (Figura 2) – cujos dados ambientais encontram-se no Quadro 1.

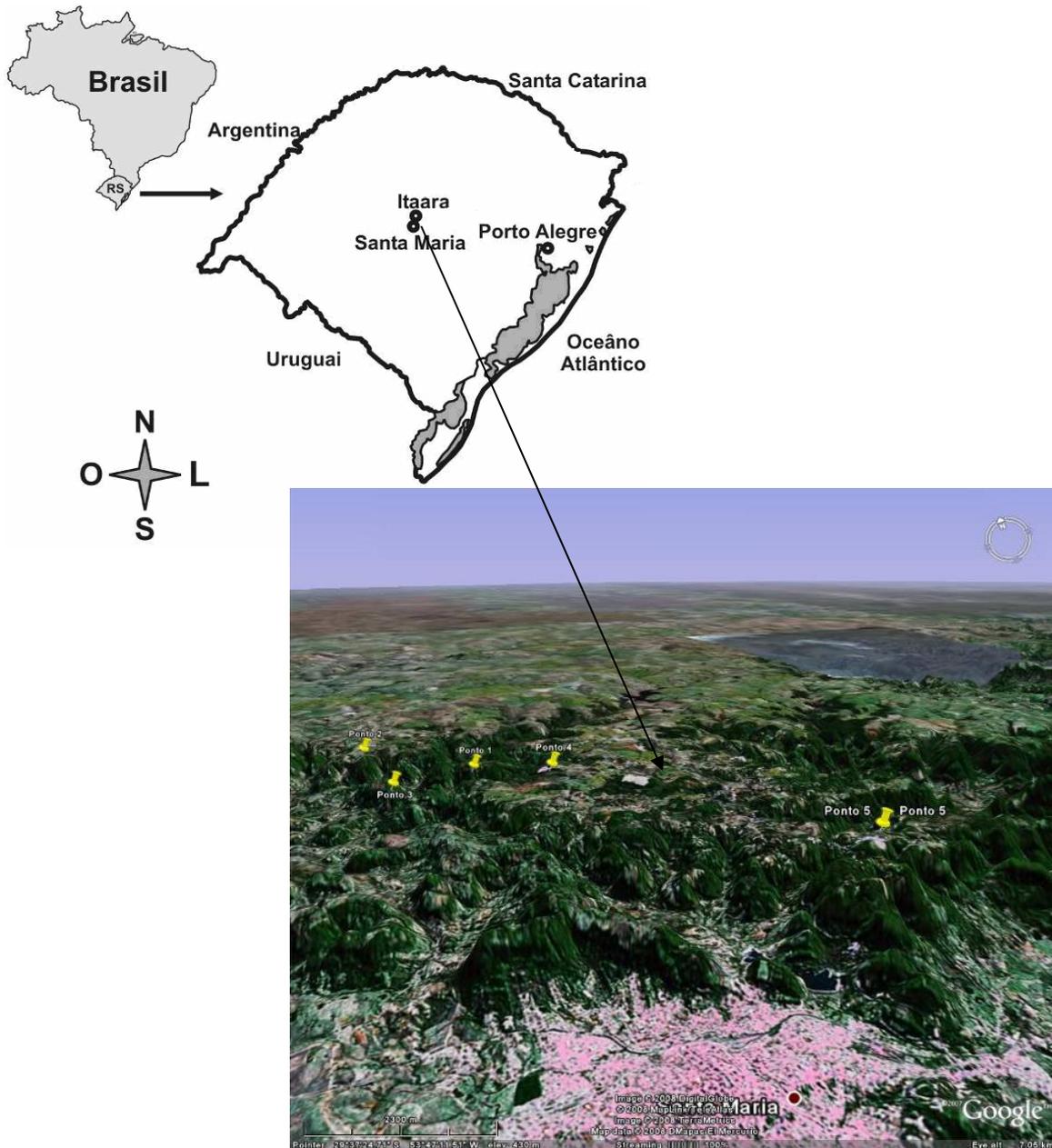


Figura 2 – Ilustração indicando a localização dos solos amostrados dentro da área do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.

Classificação (EMBRAPA, 2006)	Símbolo	Relevo local	Material de origem	Localização	Altitude (m)	Uso atual
Neossolo Regolítico Eutrófico típico	N1	Forte ondulado	Basalto	S 29° 33,584' W 53° 49,547'	235 m	Mata natural
Neossolo Regolítico Eutrófico típico	N2	Forte ondulado	Basalto	S 29° 32,852' W 53°51,423'	218 m	Campo nativo
Neossolo Regolítico Eutrófico típico	N3	Plano	Basalto	S 29° 33,925' W 53° 50,974'	228 m	Campo nativo
Neossolo Regolítico Eutrófico típico	N4	Ondulado	Riodacito	S 29° 34,929' W 53° 48,372'	425 m	Mata natural
Neossolo Regolítico Eutrófico típico	N5	Ondulado	Riodacito	S 29° 38,729' W 53° 44,820'	425 m	Capoeira

Quadro 1 – Material de origem e características ambientais dos solos estudados.

Na área de estudo o clima predominante é classificado, segundo Köeppen, como Cfa II (Moreno, 1961), caracterizado como clima subtropical, úmido sem estiagem, com temperatura média anual de 19,2°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1708 mm, sendo, normalmente, bem distribuída durante as estações do ano, podendo apresentar déficit de umidade de 100 mm uma vez a cada 10 anos. No mês mais chuvoso as médias são de 174 mm, enquanto que no mais seco a precipitação média é de 110 mm. As médias de chuvas em 24 horas não ultrapassam os 58 mm. A evapotranspiração de referência média anual foi de

743 mm, com máxima próxima de 95 mm no mês de dezembro e mínima próxima de 39 mm no mês de junho. Os dados climatológicos foram obtidos da estação localizada no município de Santa Maria, distanciada a aproximadamente 20 quilômetros dos locais de coleta e amostragem dos solos.

Os perfis amostrados encontram-se sobre a Formação geológica conhecida como Serra Geral. De acordo com Maciel Filho (1990), o material vulcânico da Formação Serra Geral é dividido em ácido e básico. As rochas básicas são constituídas de basalto a andesitos, apresentando intensa fissuração, predominantemente vertical, no meio do derrame e horizontal no topo e na base. O basalto possui permeabilidade fissural, sendo aquífero com pouca capacidade de armazenamento de água, visto que a rocha é impermeável. A seqüência ácida da Formação Serra Geral é formada por vitrófiros até riólito ou riodacito, que apresentam comportamento hidrogeológico semelhante ao basalto.

Nas áreas do rebordo do Planalto predominam declividades de 13 a 45 %, porém podem ocorrer locais com declividades superiores a 100 %. Em relação às altitudes, as áreas do rebordo podem chegar até 475 metros (Maciel Filho, 1990).

Em relação à vegetação a Floresta Estacional reveste os vales encaixados e as encostas das vertentes formadas pelas drenagens menores, constituídas principalmente pelas fanerófitas, providas de organelas de proteção ao frio, das espécies: *Patagonula americana* (guajuvira), *Parapiptadenia rigida* (angico), *Myrocarpus frondosus* (cabreúva), *Cordia trichotoma* (louro), *Cedrela fissilis* (cedro), *Apuleia leiocarpa* (grápia) e *Luehea divaricata* (açoita-cavalo). Acompanhando a drenagem é freqüente a ocorrência de touceiras de *Bambusa trinii* (taquaraçu).

Todos os solos estudados são classificados como Neossolos Regolíticos Eutróficos típicos. Para fins práticos eles serão aqui chamados de N1, N2, N3, N4 e N5, respectivamente para os Neossolos 1, 2, 3, 4 e 5. Os três perfis dentro de cada Neossolo são aqui chamados de P1, P2 e P3.

5.2 Análises morfológicas

Os solos foram descritos e as coletas realizadas de acordo com Santos et al. (2005) e classificados conforme EMBRAPA (2006).

Os critérios utilizados na escolha dos pontos amostrais foram: a ocorrência, nos perfis, de Neossolos Regolíticos, tipo de material de origem, morfologia do perfil,

dando-se preferência à presença de saprólito em estágio de intemperização mais avançado para melhor visualização das fraturas e possibilidade de corte com a pá e com a faca para facilitação do trabalho em laboratório. Após a escolha dos locais a serem estudados, realizou-se a exposição de três perfis situados a uma distância de aproximadamente 2 metros entre si, no intuito de encontrar variações dentro do mesmo solo. Realizou-se também uma avaliação visual desses perfis e uma análise criteriosa para descrever e classificar o perfil modal de cada tipo de solo. Em seguida realizou-se a coleta de solo do horizonte A e dos horizontes subjacentes, excluindo-se a camada R, para as análises morfológicas (descrição da cor do solo, consistência, espessura dos horizontes), químicas e físicas dos três perfis estudados em cada local.

A localização geográfica e a altitude de cada local estudado foram obtidas com o auxílio de um GPS de navegação. Além disso, alguns aspectos ambientais como relevo local e regional, litologia, rochosidade e pedregosidade (presença de materiais coluviais), erosão aparente, uso atual e vegetação foram descritos.

A descrição completa dos perfis modais e dos locais das coletas é apresentada nos Anexos A, B, C, D e E.

5.3 Análises químicas

Após a coleta, as amostras de solo e saprólito foram secas, destorroadas e peneiradas (peneira com malha de 2 mm) obtendo-se a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) para realização das análises químicas. O pH em água foi determinado utilizando-se a relação 1:2,5. Os teores de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) foram determinados por espectroscopia de absorção atômica após extração com KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$. O potássio (K^{+}) trocável foi extraído com solução de ácido clorídrico (HCl) $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e determinado por fotometria de chama. A acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}^{+3}$) foi determinada em extrato de $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 e titulada com hidróxido de sódio (NaOH) $0,0606 \text{ mol L}^{-1}$. O Al^{+3} trocável foi extraído com solução de KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e titulado com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$. O carbono orgânico foi determinado através de oxidação por via úmida com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ e titulado com $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ utilizando difenilamina como indicador. Essas análises seguem a metodologia preconizada por EMBRAPA (1997). A partir dos dados analíticos foram calculadas a capacidade de troca de cátions efetiva ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$

+ K⁺⁺ Al⁺³) e CTC a pH 7,0 (Ca⁺² + Mg⁺² + K⁺ + H⁺ + Al⁺³), a saturação por alumínio (Al.100/S+Al), a saturação por bases (S.100/CTCpH7).

5.4 Análises físicas

5.4.1 Análise granulométrica

Foram utilizadas amostras do horizonte A de cada perfil para determinação das frações granulométricas. Após seca em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de aproximadamente 50°C, as amostras foram peneiradas (peneira com malha de 2 mm), obtendo-se a fração grosseira e a fração fina (Tabela 2).

Os dados das frações grosseira e fina, apresentados com base em massa (g kg⁻¹), foram transformados para porcentagem com base em massa e também em porcentagem com base no volume dividindo-os por 10 e multiplicando-os pelos valores de densidade do saprólito. Os dados apresentados em porcentagem com base no volume também serão utilizados para averiguar sua relação com a infiltração de água e compará-los com os dados apresentados em porcentagem com base na massa.

Na fração fina determinou-se a composição granulométrica, após dispersão das amostras com NaOH 1 mol L⁻¹ e agitação mecânica em agitador horizontal por 240 minutos. Após a agitação, as amostras foram passadas em peneira de 0,053 mm. A fração que permaneceu na peneira foi transferida para outro recipiente, secada e quantificada, correspondendo à fração areia. O conteúdo que passou pela peneira foi transferido para proveta de 1000 mL e a fração argila foi determinada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). O silte foi obtido por diferença entre os teores de areia total e argila.

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	Areia grossa	2 – 0,2
	Areia fina	0,2 – 0,05
	Silte	0,05 – 0,002
	Argila	< 0,002

5.4.2 Densidade do solo

A densidade do solo no horizonte A foi determinada utilizando-se amostras de solo indeformadas coletadas com anel volumétrico, de acordo com a metodologia descrita por EMBRAPA (1997). O cálculo da densidade foi realizado utilizando-se a seguinte fórmula:

$$D_s = M_{ss} / V_c, \text{ sendo:}$$

D_s = Densidade do solo (g cm^{-3});

M_{ss} = Massa de solo seco em estufa a 105°C (gramas) e

V_c = volume do cilindro (cm^3).

Como o horizonte A dos solos estudados apresentava presença de cascalhos e calhaus, e a utilização do anel volumétrico se tornou difícil, utilizou-se também, para determinação da densidade, o método da escavação (Blake & Hartge, 1986), como pode ser visto na Figura 3.



Figura 3 – Equipamento (picnômetro de areia) utilizado para a determinação da densidade pelo método da escavação.

Esse método consistiu na escavação de um buraco de aproximadamente 20 cm de diâmetro X 20 cm de profundidade. O material (solo+saprólito) foi retirado, embalado, levado ao laboratório para posterior secagem em estufa a 105°C até peso constante e em seguida foi quantificada sua massa. A determinação do volume do solo foi realizada com um picnômetro de areia.

A areia foi despejada dentro da escavação a uma altura de aproximadamente 20 cm. Determinou-se a massa de areia presente no picnômetro antes e após o preenchimento do buraco. Assim, obteve-se a massa de areia gasta para preencher o volume da escavação de onde o material foi retirado. Conhecendo-se a densidade da areia, calcula-se o volume de material retirado. Com os dados de massa e volume, obtido com o picnômetro, determinou-se a densidade do sistema.

5.4.3 Densidade do saprólito

A densidade das amostras de saprólito foi determinada pelo método do torrão parafinado (Blake & Hartge, 1986). Foram utilizadas amostras de fragmentos de saprólitos coletadas no horizonte A, com tamanho de 2 a 4 cm de diâmetro. O volume do torrão (saprólito) foi determinado pesando-se o torrão, e com o auxílio de um tetraedro de arame, este foi imerso em parafina fundida (60°C) até sua perfeita impermeabilização. Em seguida, o torrão parafinado foi pesado ao ar e imerso em água. A temperatura da água foi registrada para se conhecer a densidade da água e calcular a densidade do saprólito através do princípio de Arquimedes, de acordo com a seguinte fórmula:

$$DS = \frac{P_{tu}/(1+UA/100)}{(P_{tu}-P_{tpa})/D_{ag}-(P_p/D_{pa})} \quad \text{onde;}$$

DS = densidade do saprólito (g/cm³);

D_{ag} = densidade da água na temperatura observada;

P_{tu} = peso do torrão úmido;

UA = umidade gravimétrica do torrão (%);

P_{tpa} = peso do torrão parafinado e imerso na água;

P_p = peso da parafina;

D_{pa} = densidade da parafina (0,9 g/cm³).

A densidade dos saprólitos foi utilizada para estimar o volume de terra fina e o volume das frações grosseiras no horizonte A dos solos estudados. O volume da fração grosseira foi obtido dividindo-se a massa seca de calhaus e cascalhos pela densidade do saprólito. O volume da terra fina foi obtido pela subtração do volume de materiais grosseiros do volume do sistema.

5.4.4 Macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo

A porosidade total (Pt) do solo foi calculada pela seguinte expressão:

$$Pt (\%) = \text{macroporosidade} (\%) + \text{microporosidade} (\%)$$

A microporosidade do solo (Mip) foi calculada considerando que a mesma corresponde à classe de diâmetro de poros que retêm a água a uma sucção equivalente a 60 cm de coluna de água, utilizando a mesa de areia.

A fórmula utilizada para este cálculo foi a seguinte:

$$Mip = (Ms_{60} - Mss) / Vc * 100, \text{ onde:}$$

Mip = microporosidade (%);

Ms₆₀ = massa de solo após 72 horas na mesa de areia a uma sucção de equivalente a 60 cm de altura de coluna de água (gramas);

Mss = Massa de solo seco em estufa a 105°C por 24 horas, e;

Vc = volume do cilindro (cm³).

A macroporosidade do solo (Map) foi calculada através da seguinte expressão:

$$Map = (Mssat - Ms_{60}) / Vc * 100, \text{ onde:}$$

Map = macroporosidade (%);

Mssat = massa de solo saturado (gramas);

Ms60 = massa de solo após 72 horas na mesa de tensão a uma sucção de 60cm de altura de coluna de água, e;

Vc = volume do cilindro (cm³).

5.4.5 Distribuição do tamanho de agregados à seco, estáveis em água e diâmetro médio dos agregados

A distribuição do tamanho dos agregados em água foi feita pelo método Kemper & Chepil (1965) modificado. No campo foram coletadas duas amostras em cada um dos três perfis dos cinco Neossolos estudados, totalizando seis repetições por Neossolo e duas por perfil de cada Neossolo. As amostras foram desagregadas manualmente, com força no sentido da tração, para evitar compressão nos agregados. Em seguida, os mesmos foram passados em peneira de 8 mm e acondicionados em caixas de madeira para secagem ao ar, por aproximadamente uma semana.

Depois de secas, 25 g de agregados de cada amostra foram umedecidos por capilaridade durante 10 minutos sobre um jogo de peneira de malhas de 4,76; 2,00; 1,00 e 0,21 mm de diâmetro, respectivamente nesta ordem, e posteriormente receberam 30 oscilações por minuto, de 3,8 cm de amplitude durante 10 minutos, em um aparelho agitador vertical. Logo após, o material retido em cada peneira foi acondicionado em lata de alumínio e levado para a estufa a 105°C por 24 horas, para posterior imersão em solução dispersante de NaOH 2 %, para a separação da areia dos agregados. A areia retida em cada peneira foi levada à estufa e posteriormente pesada para a obtenção da massa de agregados sem a fração areia. Concomitantemente a este processo, aproximadamente 25 g de agregados foram levados à estufa para a determinação da umidade volumétrica residual.

Além disso, foi determinada a estabilidade dos agregados à seco, utilizando-se procedimento similar ao usado para a estabilidade dos agregados em água. Foram pesados aproximadamente 25 g de agregados, passados por peneira de 8 mm e secos durante alguns dias. Estes foram transferidos para um conjunto de peneiras na seguinte ordem de tamanho: 4,76; 2,00; 1,00; 0,21 mm e um fundo para recolher o material que passar. As amostras foram agitadas horizontalmente para frente por 15 vezes. Após girar o conjunto 90°, foi repetido o processo de agitação.

O índice de estabilidade dos agregados foi obtido pela divisão do diâmetro médio geométrico dos agregados estáveis em água pelo diâmetro médio geométrico obtido por peneiramento a seco dos agregados.

A porcentagem de agregados por classe de tamanho (AGR_i), o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP) foram calculados pelas seguintes expressões:

$$\text{AGR}_i (\%) = \text{MA}_i / \text{MAT} \cdot 100, \text{ onde:}$$

AGR_i = Massa de agregados por classe;

MA_i = massa de agregados da classe i;

MAT = massa total de agregados.

$$\text{DMG} = \exp \left(\frac{\sum (\text{MA}_i \ln(d_i))}{\text{MAT}} \right), \text{ onde:}$$

DMG = Diâmetro médio geométrico;

MA_i = massa de agregados da classe i;

\ln = logaritmo neperiano;

d_i = valor médio de classe de agregados i.

$$\text{DMP} = \left(\frac{\sum (\text{MA}_i d_i)}{\text{MAT}} \right), \text{ onde:}$$

DMP = Diâmetro médio ponderado.

5.4.6 Curva característica de água no solo

A curva característica de água no solo foi determinada de duas maneiras: (i) em amostras com estrutura preservada nos potenciais de -1 kPa; -6 kPa; -10 kPa na mesa de areia, e -100 kPa em membrana de Richards. (ii) amostras com estrutura alterada, nos potenciais de -500 kPa e -1500 kPa, determinadas em potenciômetro de ponto de orvalho (WP4). Com os valores da umidade volumétrica do solo e o potencial matricial, ajustou-se equação de van Genuchten (van Genuchten, 1980).

$$\Theta = \Theta_r + (\Theta_s - \Theta_r) / [1 + (\alpha \Psi_m)^n]^m, \text{ onde:}$$

Θ = umidade volumétrica;

Θ_r = umidade volumétrica na tensão de 1500 KPa;

Θ_s = umidade volumétrica do solo saturado;

Ψ_m = potencial matricial no solo;

a, m, n = parâmetros empíricos de ajuste da equação.

5.4.7 Fraturamento da camada saprolítica

Nos perfis amostrados foram levantados alguns aspectos pedomorfológicos através de caracterizações morfométricas, no sentido da mensuração do fraturamento da camada saprolítica. Foram descritos os ângulos das fraturas do saprólito, o número e espessura das fraturas que interceptam duas linhas horizontais espaçadas a 20 cm uma da outra em um quadrado de 40 cm X 40 cm e a presença de material dentro das fraturas. Os ângulos das fraturas presentes na camada saprolítica em relação ao plano gravitacional foram descritos com o auxílio de um nível de madeira e um transferidor de plástico conforme a Figura 4. A espessura das fraturas no saprólito dos perfis estudados foi determinada com um paquímetro de metal.

A configuração das fraturas de um perfil contribui diretamente para o conhecimento do tipo de contato existente, penetração de raízes e entrada de água no solo. Por isso, a descrição de fraturas e fendas em rochas com os mais variados graus de intemperismo deve contribuir com os estudos do perfil.

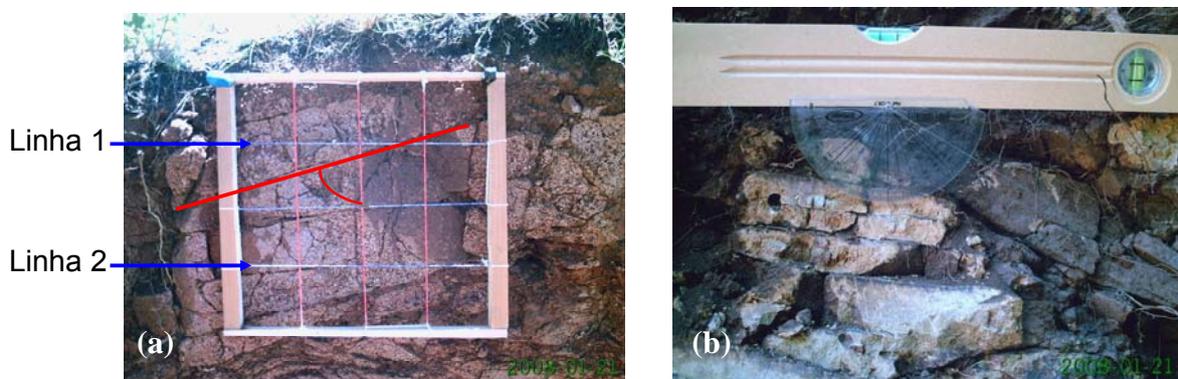


Figura 4 – Quadro de madeira (40X40 cm) com linhas horizontais espaçadas de 10 cm entre elas (a); detalhe do equipamento utilizado para a determinação do ângulo das fraturas presentes na camada saprolítica dos perfis estudados (b).

O preenchimento das fraturas foi descrito quanto à presença ou ausência de material orgânico (raízes fisiologicamente ativas, identificadas visualmente através de sua coloração e resposta ao corte; outros materiais) e inorgânico (fragmentos de rochas, solo e outros materiais).

A borda superior do quadro de madeira utilizado para a determinação das fraturas foi colocada no limite superior do horizonte Cr. Nesse sentido, a determinação do fraturamento ocorreu a 10 e 30 do limite superior do horizonte Cr. A determinação do ângulo de inclinação das fraturas foi realizada em relação ao plano gravitacional.

5.4.8 Armazenamento de água no saprólito

A determinação do conteúdo de água armazenada no saprólito foi realizada em três amostras de saprólito coletadas ao longo do horizonte Cr de cada perfil de solo estudado. As amostras de saprólito utilizadas para a determinação do armazenamento de água permaneceram parafinadas com exceção de sua parte inferior e superior. Em seguida as amostras foram saturadas e pesadas. Posteriormente a esse processo, as amostras de saprólito foram levadas para secagem em estufa a 105°C e pesadas. O peso da parafina foi descontado e foi calculada a quantidade de água retida pelo saprólito.

5.4.9 Infiltração de água no solo

A taxa de infiltração de água no solo foi determinada pelo método dos duplos cilindros concêntricos, segundo metodologia descrita por EMBRAPA (1997). Os cilindros maiores e menores tinham, respectivamente, 40 cm e 20 cm de diâmetro e 10 cm e 15 cm de altura. Os mesmos possuíam borda afiada em uma das extremidades para facilitar sua introdução no solo e evitar a saída de água da parte interna dos anéis e para proporcionar a manutenção da estrutura do solo no local de introdução dos cilindros. A outra borda tinha um reforço para facilitar o manejo dos anéis e para suportar os golpes necessários na ocasião da sua introdução no solo. O cilindro maior foi introduzido até 5 cm de profundidade no solo, e o menor até 10 cm. O medidor do volume de água infiltrado utilizado neste trabalho é semelhante ao descrito por Siqueira & Denardin (1985) sendo composto por canos de PVC de 100

mm de diâmetro, registro de esfera de ½ polegada numa extremidade para a saída da água e outro registro de esfera de 1 polegada para reabastecimento de água na outra extremidade. Seu interior continha quantidade de água conhecida aferida por meio de uma mangueira plástica transparente e escala graduada com intervalos de 10 mL. Estes medidores ficavam suspensos por meio de um tripé de ferro, e foram alocados sobre o cilindro menor a fim de manter uma lâmina de água constante de 3 cm de altura (Figura 5). No cilindro maior a lâmina de água foi mantida manualmente a 5 cm de altura com auxílio de galões de 20 litros. As leituras foram tomadas à 1, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos após o início do teste, sendo realizadas três repetições para cada Neossolo amostrado.

Ajustou-se o modelo de Kostiakov para a lâmina infiltrada e para a taxa de infiltração inicial conforme as equações abaixo:

$$I = a * t^b, \text{ onde:}$$

I = lâmina infiltrada;

t = tempo, e

“a” e “b” são parâmetros do modelo.

Derivando a equação acima, temos:

$$i = c * t^{-b}, \text{ onde:}$$

i = taxa de infiltração;

c = a * b

Tomando por base as equações acima, define-se como infiltração básica do solo o instante em que a declividade da curva equivale a $-0,1 \text{ cm h}^{-1}$ /minuto (Cauduro & Dorfman, 1986). Contudo, em ensaios realizados por Fernández et al. (1971) foi comprovado que o tempo em que a curva permanece nesse estágio é significativamente curto, fornecendo para a infiltração estabilizada grande variação aos seus valores com pequenas variações no tempo. Assim, eles recomendam a utilização do valor de $-0,01 \text{ cm h}^{-1}$ /minuto.



Figura 5 – Detalhes do equipamento utilizado para a determinação da infiltração de água.

5.5 Tratamento estatístico dos dados

Para a ordenação das amostras e verificação de seu posicionamento em relação a um ou mais eixos, no sentido de proporcionar o máximo de informações sobre suas semelhanças, os resultados obtidos neste estudo foram submetidos ao

tratamento estatístico através do software Canoco for Windows 4.5 (ter Braak & Smilauer, 2002), utilizando-se a metodologia da análise dos componentes principais, que estabelece, com base em uma matriz de semelhança (correlações, variâncias-covariâncias ou até mesmo de similaridades), um conjunto de eixos (componentes ou fatores) perpendiculares, que estabelecem as relações entre os componentes.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Atributos morfológicos e químicos do solo

Os Neossolos estudados apresentaram seqüência de horizontes A, Cr/A, Cr, R. O horizonte A dos perfis modais dos Neossolos 1, 2 e 3 apresentou textura classificada como franco, enquanto que para os Neossolos 4 e 5 a textura foi franco argilosa. Todos os solos apresentam boas condições de drenagem, mesmo os solos encontrados em locais mais íngremes, o que poderia facilitar o escoamento superficial. Todos os Neossolos descritos não apresentavam erosão aparente. Em relação à pedregosidade, o Neossolo 1 foi classificado como pedregoso, o Neossolo 2, ligeiramente pedregoso e os Neossolos 3, 4 e 5 como moderadamente pedregosos.

Analisando-se os dados químicos dos solos estudados (Tabela 3), pode-se observar que variações da ordem climática, de relevo e geológica afetaram as características dos Neossolos.

Tabela 3 – Caracterização química dos cinco perfis modais dos solos estudados.

Solo	Hz.	Prof.	pH	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H+Al	CTC*	V	Al ⁺³	C. org
N1	A	0-15	5.6	16.3	3.1	0.6	0.0	5.6	25.6	78	0	25.5
	Cr/A	15-45	5.6	14.9	3.3	0.4	0.0	4.5	23.1	80	0	10.4
	Cr	45-110	5.6	17.8	6.0	0.5	0.0	3.7	28.0	87	0	4.6
N2	A	0-30	5.9	15.6	4.1	0.3	0.0	3.7	23.7	84	0	18.5
	Cr	30-115	6.6	15.6	4.9	0.1	0.0	1.1	21.7	95	0	4.6
N3	A	0-23	5.7	13.9	4.3	0.4	0.0	4.2	22.9	82	0	18.5
	Cr/A	23-43	5.7	12.5	3.5	0.5	0.0	3.5	20.0	83	0	8.7
	Cr	43-120	6.1	15.3	5.5	0.5	0.0	1.9	23.2	92	0	6.9
N4	A	0-15	5.9	9.7	4.4	1.4	0.0	3.6	19.1	81	0	29.6
	Cr1	15-58	4.9	6.2	1.9	0.5	1.2	2.0	10.6	81	12	8.7
	Cr2	58-150	4.6	2.7	1.5	0.2	6.3	7.0	11.4	39	59	3.5
N5	A	0-14	5.3	16.0	5.0	1.0	0.2	4.4	26.4	83	1	18.0
	Cr/A	14-53	5.3	19.2	6.2	0.4	0.3	2.9	28.7	90	1	6.9
	Cr	53-140	4.4	6.9	4.7	0.5	10.0	10.5	22.6	54	45	2.3

* CTC pH 7,0

As evidências da diferença de intemperismo e diferença geológica entre os perfis são encontradas nos teores de Al⁺³ trocáveis observados nos horizontes

menos alterados e mais semelhantes ao material de origem, que são mais elevados no N4 e N5 que nos demais. Considerando ainda a série de Bowen, teores mais elevados de K^+ são encontrados nas rochas ácidas devido a maior presença de feldspato potássico, o que pode ser confirmado pelos teores de K^+ apresentado no horizonte A em N4 e N5 (ácidas) e pelos dados da análise petrológica de rochas ácidas como dacitos e riodacitos da Formação Serra Geral, efetuadas no Rio Grande do Sul por IBGE (1986). No entanto, não houve grande diferença dos teores de K^+ trocável nos saprólitos desses solos.

Os valores de CTC são considerados altos em todos os perfis nos horizontes superficiais, segundo a SBCS (2004). A CTC é resultado da reatividade das partículas minerais e orgânicas. Embora o N4 tenha apresentado os maiores teores de carbono orgânico e argila, sua CTC no horizonte A foi menor quando comparada com os demais solos, evidenciando o indicativo de que as argilas, neste solo, podem ter reatividade menor que nos demais perfis, ou que o carbono orgânico deve se encontrar em estágios de menor decomposição, apresentando composição estrutural menos reativa, como relatado por Dalmolin et al., (2006).

A acidez dos solos, caracterizada pelo Al^{+3} e $H^+ + Al^{+3}$, pode ser indicadora de intemperismo avançado. No N4 e N5, há uma maior acidez no horizonte menos intemperizado em relação aos demais, enquanto a soma de bases (Ca+Mg+K) é maior nos mesmos horizontes do N1, N2 e N3. Outro aspecto interessante de se analisar é a soma de bases nos materiais saprolíticos. Nos solos N1, N2, N3 houve aumento de bases nas amostras de saprólito moídos em relação aos horizontes superficiais, sugerindo que a condição de intemperismo dos saprólitos, quando moídos, ou a acidificação menos acentuada destes, permite um maior aparecimento de superfícies de troca e o conseqüente ataque dos reagentes químicos, extratores, com a liberação de nutrientes.

Os teores de carbono orgânico apresentaram-se maiores, no horizonte A nos Neossolos alocados sob mata natural, fato também relatado por vários autores (Copetti et al., 2006; Stürmer et al., 2007) para diversos solos. Quando esses teores foram comparados com os teores de carbono orgânico do saprólito, apresentaram reduções de até quatro vezes.

6.2 Atributos físicos

6.2.1 Análise granulométrica

Os dados referentes à granulometria da fração total do horizonte A dos três perfis amostrados nos cinco solos estudados (Tabela 4), mostram que a contribuição de fragmentos grosseiros em relação ao total no horizonte foi bastante significativa, variando de aproximadamente 20 % no N3P2 (Neossolo 3, Perfil 2) a valores próximos de 67 % no N1P3. Percebe-se também que a contribuição desses fragmentos grosseiros foi menor nos três perfis estudados do Neossolo 3. Isso pode estar associado ao relevo plano no local onde se encontra esse solo, o que poderia facilitar a acumulação superficial de material coluvial de menor diâmetro e impedir a perda dos mesmos por erosão. O contrário foi observado no Neossolo 1, encontrado em local com relevo forte ondulado, onde a presença de material grosseiro foi maior.

Tabela 4 – Profundidade, granulometria total, granulometria da terra fina e relação silte/argila no horizonte A dos três perfis dos cinco Neossolos estudados.

Solo	Prof. (cm)	Granulometria (total)		Granulometria (terra fina)				Silte/Argila
		Fr. Grossa	Fr. Fina	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
----- g kg ⁻¹ -----								
N1P1	0-20	630	370	81	243	462	214	2.2
N1P2	0-15	487	513	135	225	438	202	2.2
N1P3	0-18	675	325	95	235	443	227	1.9
N2P1	0-30	378	622	139	248	387	225	1.7
N2P2	0-32	348	652	134	443	278	145	1.9
N2P3	0-17	350	650	208	373	303	116	2.6
N3P1	0-20	221	779	148	207	417	228	1.8
N3P2	0-23	201	799	106	216	424	254	1.7
N3P3	0-10	274	726	134	247	404	215	1.9
N4P1	0-26	343	657	110	169	449	272	1.7
N4P2	0-15	268	732	167	146	398	290	1.4
N4P3	0-15	408	592	132	172	458	238	1.9
N5P1	0-14	522	478	47	145	514	294	1.8
N5P2	0-14	625	375	38	174	500	287	1.7
N5P3	0-14	606	394	77	177	473	273	1.7

Em relação aos teores de argila, o N2P3 apresentou os valores mais baixos, de 116 g kg⁻¹ no horizonte A, enquanto o N5P1 e o N4P2 mostraram valores mais

elevados, de 294 g kg⁻¹ e 290 g kg⁻¹, respectivamente. É importante ressaltar que a variação da terra fina foi de aproximadamente 32 % para o N1P3 a valores próximos de 80 % no N3P2. Esses menores teores de argila apresentados pelo N2P3 devem estar associados à queima da vegetação e incorporação de material carbonizado de maior diâmetro que aconteceu no local, percebida até a profundidade de aproximadamente 10 cm. Por fim, a variação observada entre os valores das frações do solo é resultante do nível de intemperismo atingido pelo solo nas diferentes posições e pelo transporte e deposição dos sedimentos pela erosão.

De acordo com EMBRAPA (2006), a relação silte/argila serve como base para avaliar o estágio de intemperismo dos solos, principalmente para solos de textura franco arenosa ou mais fina. Valores inferiores a 0,7 em solos de textura média ou inferior a 0,6 em solos de textura argilosa ou muito argilosa indicam um alto grau de intemperismo. Os valores da relação silte/argila apresentados na Tabela 4, superiores a 1,4 para todos os perfis, mostram que esses solos possuem horizontes com grau de intemperismo relativamente baixo, assim como os encontrados por Pedron (2007) para Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas do RS.

Os dados referentes à granulometria da fração total do horizonte A dos três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados também são apresentados na forma de porcentagem por volume e comparados entre si. Esses dados foram obtidos através da separação das frações do solo coletado para a determinação da densidade pelo método da escavação e são apresentados na Tabela 5.

Através da análise da Tabela 5 percebe-se que houve uma grande variação nos dados apresentados. Quando comparados os dados extremos de porcentagem com base na massa com porcentagem com base no volume, houve um aumento de 68 % para 76 % na fração grosseira e diminuição de 32 % para 24 % na fração fina do N1P3. Já para o N3P2 a variação quase inexistiu. Maiores discrepâncias nos valores obtidos pelos dois métodos foram observadas nas frações grossa e fina do N5P3, que passaram de 61 % para 84 % na fração grosseira e de 39 % para 16 % na fração fina, uma vez que este apresentou baixos valores para a densidade do saprólito.

É importante destacar que a determinação da quantidade de material com diâmetro superior ao limite de terra fina tem grande importância, uma vez que a presença deste material pode modificar o fluxo de água que ocorre no solo. Esse fato foi relatado por vários autores (Epstein et al., 1966; Sauer & Logsdon, 2002).

Epstein et al. (1966) num experimento de campo, compararam a infiltração de água em solos onde foram retirados os materiais grosseiros com solos na condição natural, e observaram a redução da taxa de infiltração onde a fração grosseira havia sido retirada.

Tabela 5 – Caracterização granulométrica do horizonte A dos três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados, apresentada em porcentagem com base na massa e com base no volume.

Solo	Massa		Volume	
	Grossa	Fina	Grossa	Fina
	%			
N1P1	63	37	59	41
N1P2	49	51	49	51
N1P3	68	32	76	24
N2P1	38	62	26	74
N2P2	35	65	32	68
N2P3	35	65	31	69
N3P1	22	78	24	76
N3P2	20	80	21	79
N3P3	27	73	28	72
N4P1	34	66	35	65
N4P2	27	73	27	73
N4P3	41	59	35	65
N5P1	52	48	46	54
N5P2	63	38	59	41
N5P3	61	39	84	16

Conforme Santos et al. (2005), a determinação da porcentagem de cada fração granulométrica é efetuada em relação à massa seca total da amostra coletada no campo. No entanto, Reinhart (1961) já advertia que seria necessário fazer a correção dos valores de umidade, densidade do solo e área ocupada por fragmentos de rochas, quando estas se encontravam presentes em grandes quantidades. Pedron (2007), no entanto, não encontrou evidências de maior eficiência de um ou outro método e sugeriu a obtenção de um maior volume de dados para tal afirmação, contudo relatou que a separação granulométrica total contribuiu na alocação do contato solo-saprólito.

6.2.2 Densidade do solo e do saprólito

A densidade do solo é comumente obtida através do uso de cilindro com volume conhecido. No entanto, em solos pedregosos muitas vezes a inserção do anel se torna difícil pela quantidade de fragmentos de rochas presente no local. Após sucessivas tentativas frustradas de aquisição das amostras, o local pode estar alterado demasiadamente e uma amostra não representativa pode ser tomada. Kaiser (2006) trabalhando com Neossolos, também relata que não foi possível coletar amostras em todos os pontos e profundidades, devido à desestruturação do solo promovida pelo manejo, pela alta pedregosidade e excesso de raízes encontrada em alguns locais. No entanto, a densidade do solo também pode ser obtida tomando-se amostras de solo retiradas de uma escavação irregular e medindo-se o volume da escavação através do preenchimento desta com areia (Blake e Hartge, 1986), visto que os anéis possuem um volume reduzido e geralmente a fração grosseira obtida na amostra é inferior à encontrada no sistema solo, já que as amostras não são obtidas nos pontos em que essa fração é mais abundante (Reinhart, 1961).

Nesse sentido, os dados de densidade do horizonte A do solo são apresentados através da determinação pelos dois métodos, assim como a densidade do saprólito coletado no horizonte A, obtida pelo método do torrão parafinado, conforme a Tabela 6.

Analisando-se os dados de densidade do solo percebe-se que aquela obtida pelo método da escavação apresentou valores divergentes e superiores quando comparados aos valores obtidos pelo método do cilindro volumétrico para todos os solos e perfis amostrados. Se observarmos, por exemplo, os dados de densidade do saprólito e os compararmos com a massa da fração grosseira no Neossolo 1, apresentada na Tabela 5, verificamos que há uma grande quantidade de fragmentos grosseiros neste solo e que os valores da densidade do saprólito se assemelham aos valores da densidade do solo obtida pelo método da escavação, o que indica que o saprólito não contribuiu significativamente na densidade do solo obtida por este método. Desse modo, pode-se supor que o método de obtenção da densidade pela escavação foi mais eficiente que o método do cilindro, uma vez que a influência do saprólito foi maior para este método. Esses dados contribuem com a hipótese de Reinhart (1961) e confirmam a maior eficiência na amostragem por este método.

Tabela 6 – Densidade do solo obtida por dois diferentes métodos (anel volumétrico e escavação) e do saprólito, obtida pelo método do torrão parafinado, no horizonte A dos três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados.

Solo	Anel	Escavação	Saprólito
	g cm ⁻³		
N1P1	1.0	1.5	1.6
N1P2	0.9	1.3	1.3
N1P3	0.8	1.5	1.3
N2P1	1.0	1.2	1.8
N2P2	1.3	1.8	1.9
N2P3	0.5	1.2	1.4
N3P1	0.9	1.7	1.6
N3P2	1.0	1.5	1.5
N3P3	1.0	1.4	1.4
N4P1	0.7	1.2	1.2
N4P2	0.6	1.3	1.3
N4P3	0.6	1.2	1.4
N5P1	1.0	1.4	1.6
N5P2	1.0	1.3	1.4
N5P3	0.9	1.6	1.1

Uma informação importante deve ser aqui ponderada. Os dados obtidos pelo método da escavação devem ser assumidos como densidade do sistema, diferentemente do termo densidade do solo, que é importante para a definição de valores críticos ao crescimento de raízes, uma vez que a maior parte das raízes não se desenvolve na matriz do saprólito, mas por suas fraturas.

Em relação aos valores de densidade do solo, de modo geral o Neossolo 4 apresentou os menores valores de densidade, nos dois métodos. A menor densidade observada neste solo deve estar atrelada à sua cobertura, sob mata natural, provavelmente pela grande ciclagem de material orgânico depositado junto à superfície do solo, o que pode ter influenciado na maior agregação do solo e consequentemente maior porosidade total, como será visto em seguida. Além disso, os solos coletados são pedogeneticamente pouco desenvolvidos e apresentam grandes quantidades de frações grosseiras na sua composição. A presença dessas frações grosseiras aumenta a quantidade de espaços vazios entre as partículas, o que reduz a densidade e permite a formação de canais e fissuras (Sauer & Logsdon, 2002).

Pelo método do anel, a menor densidade foi apresentada pelo N2P3. Como citado anteriormente, neste local percebeu-se a ocorrência de uma queimada

pretérita. A acumulação de material carbonizado com reduzida massa e a restrição de coleta a apenas poucos centímetros de profundidade podem ter contribuído para esse valor. Para este mesmo método, os maiores valores de densidade do solo foram encontrados nos solos sob pastagem natural (N2 e N3). Vários autores (Silva et al., 2000; Suzuki, 2005; Collares, 2005; Lanzanova, 2005) citam que valores mais elevados de densidade causada pelo pisoteio bovino concentram-se até 10 cm de profundidade.

Se compararmos os valores clássicos de densidade, que para solos arenosos se situam de 1,2 a 1,8 g cm⁻³ e argilosos, de 1,0 a 1,6 g cm⁻³, com os obtidos pelo cilindro, observamos que os valores podem ser considerados baixos. No entanto, os valores obtidos pelo método da escavação situam-se dentro desses limites. É importante ressaltar, porém, que valores semelhantes aos do método do cilindro, foram encontrados por Rheinheimer et al. (2001), Kaiser (2006), Copetti et al. (2006) e Rossato et al. (2007) para solos pedregosos, como Neossolos e Cambissolos do rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.

Nesse sentido, as diferenças obtidas pelo método do cilindro e pelo método da escavação para a densidade do horizonte A dos solos estudados pode ser atribuída à menor quantidade de saprólito presente no anel em relação à massa de solo coletada na escavação e pela menor quantidade de material orgânico presente na amostra, uma vez que este apresenta pequena alteração no volume, mas grande alteração na massa, após ser submetido à secagem. Além disso, ocorre que muitas vezes não há um preenchimento total do volume do anel coletado, e uma vez este tendo um volume reduzido, pequena variação em sua massa pode acarretar grandes diferenças na densidade.

No que se refere aos dados de densidade do saprólito, percebemos uma grande variação. Foram encontrados valores de 1,1 g cm⁻³ até 1,9 g cm⁻³, o que está de acordo com solos em intensa alteração, como os Neossolos, e semelhantes aos dados obtidos por Begonha & Sequeira Braga (2002) para saprólitos da região de Oporto, na península Ibérica, onde a variação na densidade do saprólito variou de 1,28 a 2,02 g cm⁻³.

A densidade e a porosidade do solo são parâmetros relacionados com alterações no volume de solo, sendo que a densidade apresenta relação inversa com a porosidade. Segundo Reichert et al. (2007) geralmente a redução da porosidade ocorre com os poros maiores (macroporos), responsáveis pela infiltração

de água e aeração do solo. Os poros do solo são responsáveis pelo transporte e armazenamento de água no interior do solo, além de funcionarem como reservatório e troca de gases do solo com a atmosfera (Messing & Jarvis, 1995).

6.2.3 Macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo

Os dados de porosidade total, macroporosidade e microporosidade do horizonte A nos três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Porosidade total, macro e microporosidade do solo no horizonte A dos três perfis amostrados para cada um dos cinco Neossolos estudados.

Solo	Porosidade total	Microporosidade	Macroporosidade
	-----m ³ m ⁻³ -----		
N1P1	0,65	0,43	0,22
N1P2	0,67	0,43	0,25
N1P3	0,67	0,43	0,24
N2P1	0,66	0,36	0,30
N2P2	0,54	0,40	0,14
N2P3	0,73	0,54	0,19
N3P1	0,66	0,36	0,30
N3P2	0,65	0,37	0,28
N3P3	0,63	0,38	0,25
N4P1	0,66	0,31	0,35
N4P2	0,71	0,33	0,38
N4P3	0,71	0,33	0,38
N5P1	0,65	0,52	0,13
N5P2	0,67	0,51	0,16
N5P3	0,71	0,53	0,18

Analisando os dados da Tabela 6 e 7, percebe-se que os solos avaliados apresentam baixos valores de densidade do solo (método do anel) e altos valores de porosidade total, microporosidade e macroporosidade. A alta porosidade observada neste estudo favorece a infiltração de água no solo e as frações grosseiras reduzem a capacidade de armazenamento de água no solo, como também foi observado em levantamentos anteriores (Reichert et al., 2003; Kaiser, 2006). Contudo, os fluxos de gases, bem como o movimento da água no solo, estão intimamente relacionados ao volume, mas principalmente, à continuidade dos macroporos. A capacidade de

infiltração e a redistribuição da água no perfil dependem dessas propriedades (Hillel, 1998).

Com exceção do Neossolo 2, onde os valores encontrados variaram de 0,54 a 0,73 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, a porosidade total não apresentou grande variação nos solos estudados. Em N1, N3, N4 e N5 foram encontrados valores entre 0,65 e 0,71 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. Os valores de porosidade total foram altos em relação aos observados na literatura, que foram de 0,37–0,47 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ (Suzuki, 2005), 0,49–0,58 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ (Lanzanova, 2005) e de 0,34–0,48 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ (Collares, 2005) entre outros autores, para solos mais desenvolvidos e cultivados.

Os valores de microporosidade foram superiores aos de macroporosidade com exceção do N4, e não apresentaram grandes variações entre os perfis dos mesmos solos. No entanto, na comparação entre solos foram encontrados valores da ordem de 0,31 a 0,54 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. O Neossolo 4 apresentou os menores valores de microporosidade, enquanto que o Neossolo 5 apresentou maior microporosidade. Da mesma forma que a microporosidade, a macroporosidade também foi semelhante entre perfis do mesmo Neossolo, mas apresentou variação entre os Neossolos. O maior valor de macroporosidade foi no N4P3 enquanto que o menor valor foi no N5P1. Inversamente à microporosidade, o N4 apresentou maior macroporosidade e o N5 menor macroporosidade. Embora esses dois solos apresentem teores semelhantes de argila, que tem relação com a porosidade, a localização do N4 na mata, onde há presença de um grande volume de raízes, inclusive de grande diâmetro, que entre outras coisas auxiliam na agregação do solo, podem ter influenciado nestes diferentes valores de porosidade. Além disso, após a morte e decomposição dessas raízes, permanece um grande número de bioporos junto ao solo.

Os macroporos são responsáveis pela conexão entre as camadas de solo de interesse agrícola, explorada pelo sistema radicular e a camada do solo de interesse ambiental, abaixo da zona radicular (McCoy et al., 1994). Assim, a água que drena pelos macroporos pode seguir seu caminho por fraturas do saprólito ou da rocha matriz e atingir a água subterrânea. Alves et al. (2005) em seus estudos também evidenciam relação negativa entre o volume de macroporos e porosidade total com a densidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, onde o aumento da densidade do solo causou redução da macroporosidade e porosidade total. Bertol et al. (2004) relatam que pequena variação no volume de microporos em relação à

variação ocorrida no volume de macroporos foi observada entre sistemas de manejo do solo e cultivo de culturas em um Cambissolo Húmico Alumínico léptico, o que demonstra que os macroporos são mais afetados por alterações da densidade.

6.2.4 Distribuição do tamanho de agregados à seco, estáveis em água e diâmetro médio dos agregados

A distribuição do tamanho dos agregados no horizonte A dos três perfis do Neossolo 1 é apresentada na Figura 6.

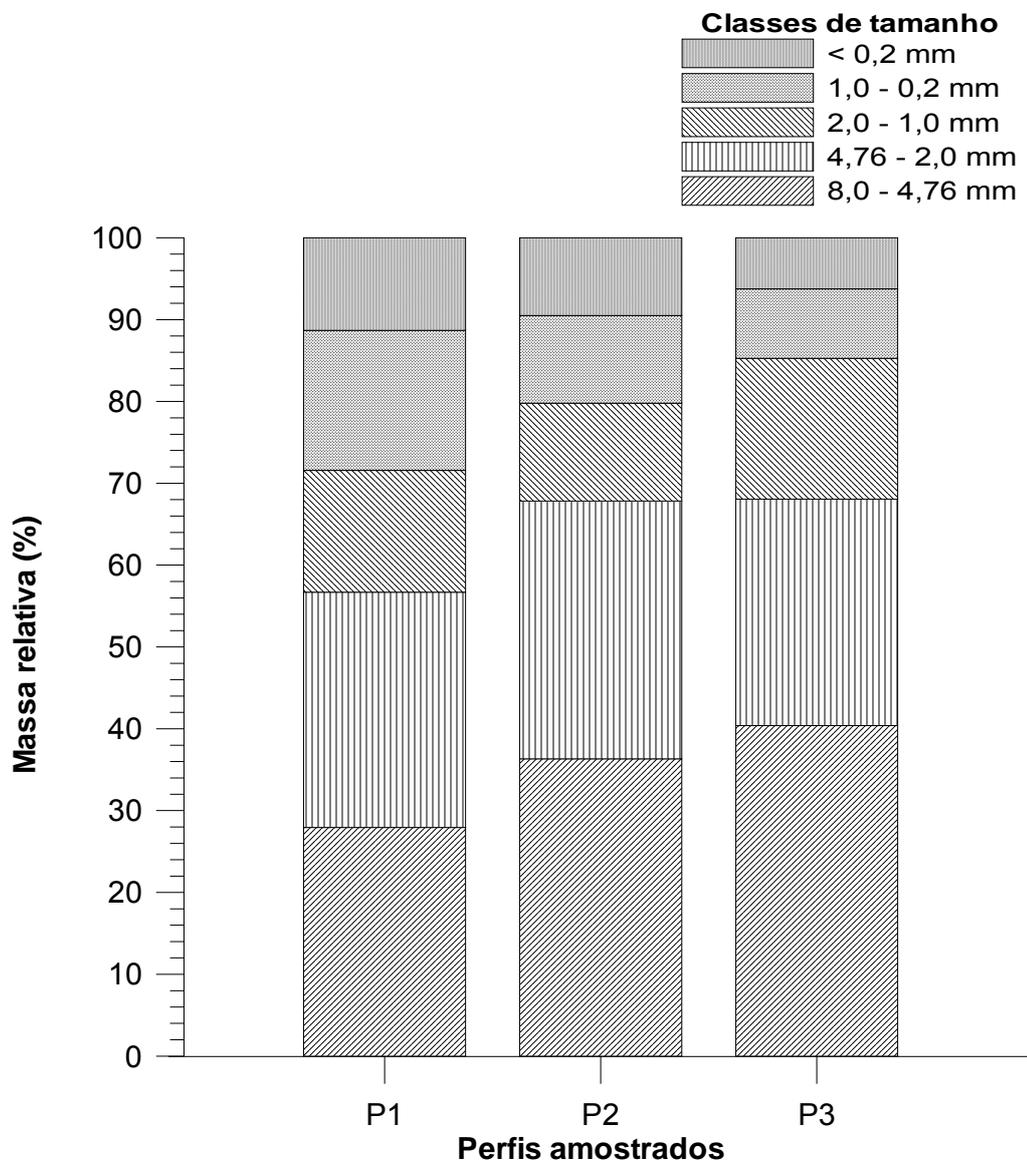


Figura 6 – Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água no horizonte A dos três perfis avaliados no Neossolo 1.

Analisando a Figura 6 podemos perceber que os três perfis amostrados do Neossolo 1 apresentaram dissimilaridades em seu comportamento, no que tange à distribuição do tamanho dos agregados. Percebe-se um aumento da contribuição dos agregados de maior tamanho do P1 em direção ao P3, enquanto que nas frações de menor tamanho, ocorreu o inverso, diminuindo a contribuição dos agregados menores que 0,2 mm e dos agregados entre 1 mm e 0,2 mm do P1 ao P3. Este último perfil é o que está localizado na parte mais elevada do terreno no local estudado. As demais frações apresentaram comportamento diferenciado. No P1 observamos uma distribuição mais regular dos agregados, diferentemente do P3. A estabilidade de agregados é outro indicador dos processos envolvidos na degradação do solo, pois influencia a infiltração, retenção de água, aeração e resistência à penetração de raízes, selamento e encrostamento superficial, erosão hídrica e eólica (Reichert, 2003).

Segundo Baver et al. (1973), a agregação do solo é muito dinâmica, pois, pode sofrer alterações permanentes ou temporárias, demonstrando variação durante ou entre os ciclos de cultivo, provocadas por práticas culturais e de manejo de solo. Essas alterações dependem da estabilidade dos agregados que pode ser resultado da ação mecânica dos microrganismos, dos efeitos indiretos dos produtos considerados cimentantes, derivados da síntese microbiana ou da ação estabilizadora dos produtos de decomposição da matéria orgânica. Contudo, os mesmos autores evidenciam que a “estabilidade de agregados” não é necessariamente um sinônimo de “estabilidade estrutural” por que os agregados do solo podem ser alterados por uma variedade de forças destrutivas, freqüentemente não se tendo uma obviedade de quais dessas forças estão envolvidas na “estabilidade de agregados”. A estabilidade estrutural se refere à resistência que os agregados do solo oferecem às influências de desintegração da água e manipulação mecânica.

Dentre os parâmetros que permitem a avaliação das condições estruturais do solo, a estabilidade dos agregados caracteriza-se pela resistência que os mesmos oferecem à ruptura causada por agentes externos: ação mecânica ou hídrica. A dimensão dos agregados estáveis em água determina a suscetibilidade do solo ao transporte das partículas ocasionado pela erosão hídrica e condiciona as dimensões do meio poroso, afetando o movimento e distribuição do ar, da água e desenvolvimento do sistema radicular das culturas. A desagregação em água separa

os agregados iniciais em outros menores, agrupados em função do diâmetro (Baver et al., 1973).

Na Figura 7 é apresentada a distribuição dos agregados para o Neossolo 2.

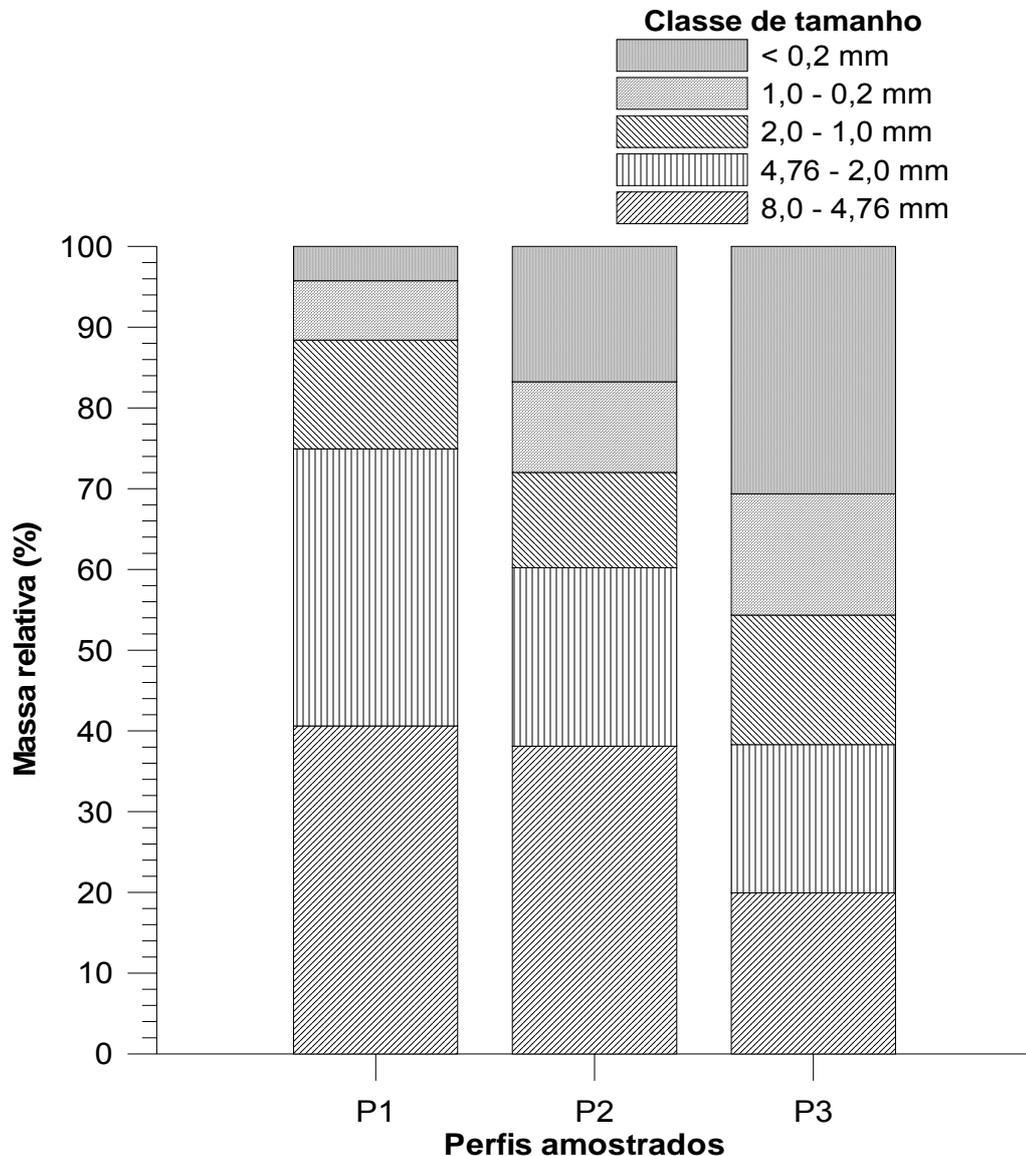


Figura 7 – Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água no horizonte A dos três perfis avaliados no Neossolo 2.

Através da análise dessa figura percebemos um comportamento semelhante, no entanto, com tendência inversa ao Neossolo 1. Aqui, a contribuição dos agregados de maior diâmetro diminuiu do P1 em direção ao P3, enquanto que os agregados de menor diâmetro aumentaram do P1 ao P3. É preciso, porém, fazer uma ressalva. O P3 deste solo foi o que sofreu uma queima anterior à coleta,

indicando que este procedimento afeta profundamente as características físicas dos solos, como a porosidade, a densidade e a distribuição granulométrica, que são características que influem diretamente no fluxo e retenção de água no solo. O P3 apresentou distribuição mais homogênea dos agregados no solo. Em contrapartida, no P1, somente as duas classes de maior tamanho representaram aproximadamente 75 % da massa de agregados.

Assim como para o solo anterior, o P2 mostrou comportamento intermediário aos dois pontos extremos, indicando uma transição gradual na formação e comportamento do solo. Já no P3, cerca de 30 % da massa de agregados se encontra na fração menor que 2 mm. Kaiser (2006), estudando a condutividade de água em Neossolos, relata que quanto maior for a fração fina do solo, menor é a condutividade de água no solo, principal parâmetro que influencia na infiltração de água.

Esses valores apresentados, tanto na Figura 6 como na Figura 7, evidenciam grande heterogeneidade do solo, mesmo pertencendo à mesma classe e sendo os perfis distanciados a apenas alguns metros entre si.

Na Figura 8 é apresentada a distribuição dos agregados para o Neossolo 3, que se encontra em posição diferenciada dos demais na paisagem. Enquanto que os demais solos apresentam declividades mais acentuadas, este se encontra em relevo plano. Como podemos observar nesta figura, o relevo pode ter contribuído na distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água.

Pode-se perceber que para o Neossolo 3, a distribuição das frações de tamanho de agregados estáveis em água foi bastante semelhante entre os perfis, principalmente para os perfis 1 e 2. O perfil 3 se distinguiu dos demais principalmente pela redução na participação dos agregados de maior diâmetro na distribuição total dos agregados. Dos Neossolos estudados neste trabalho, o Neossolo 3 foi um dos que apresentaram menor disparidade na distribuição das classes de tamanho entre os três perfis avaliados dentro de cada solo.

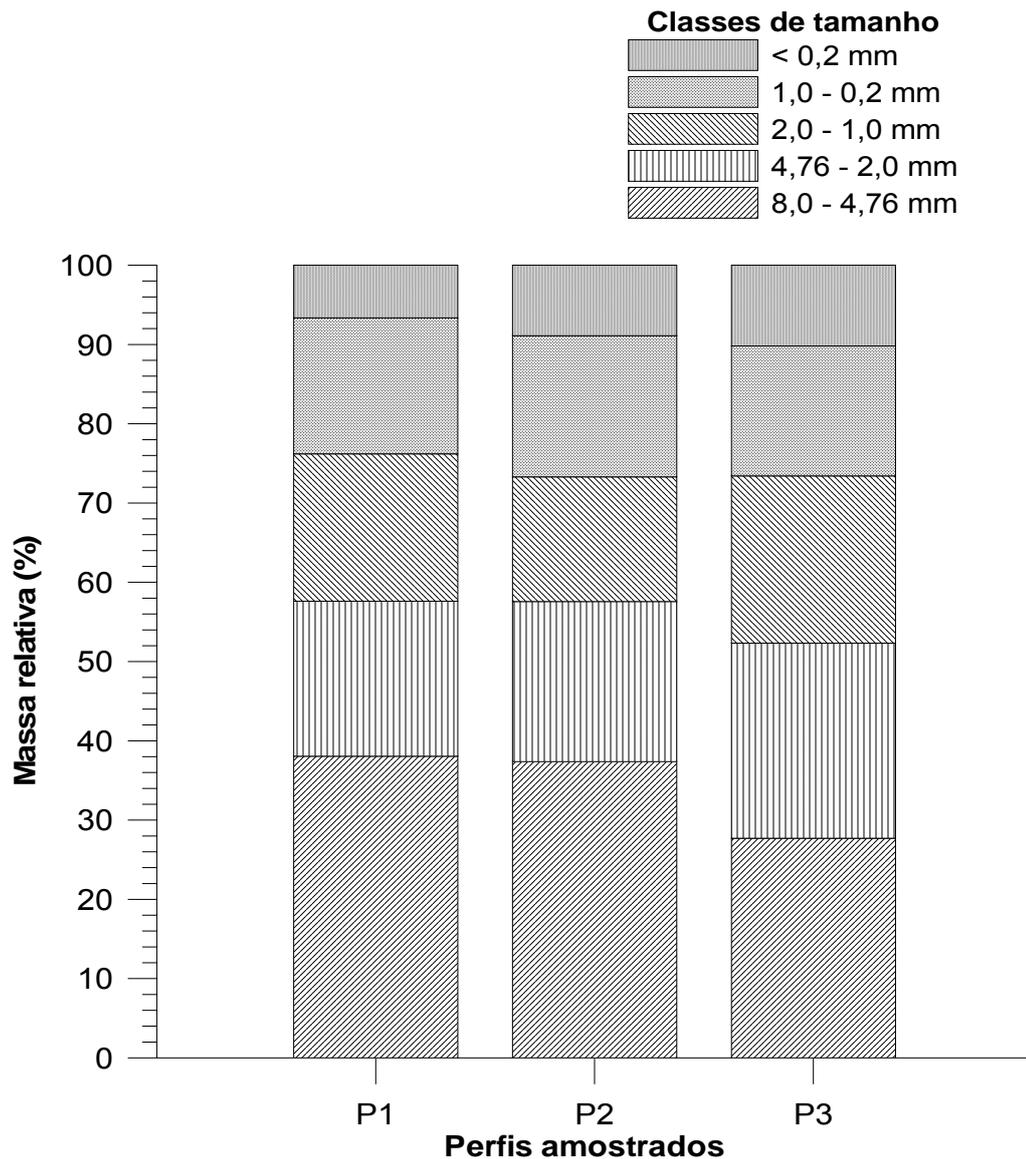


Figura 8 – Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água no horizonte A dos três perfis avaliados no Neossolo 3.

A distribuição das classes de tamanho dos agregados estáveis em água para o Neossolo 4 é apresentada na Figura 9.

Nos Neossolos 3 e 4 as quantidades de agregados estáveis em cada uma das classes de tamanho estão bem distribuídas. Porém, o Neossolo 4 apresentou mudança gradual na distribuição dos agregados entre os perfis estudados. A classe e agregados de maior diâmetro, por exemplo, passou de 33,4 % no P1 para 37 % no P2 e 39 % no P3. A classe de menor diâmetro passou de 8,7 % no P2 para 11,7 % no P3 e 12,4 % no P4.

Esse fato pode estar atrelado ao relevo plano do Neossolo 3 e localização sob a mata no Neossolo 4. Longo et al. (1999) estudando a agregação do solo sob mata natural e pastagens, observaram que a mata e a cobertura morta aumentaram o percentual de agregados estáveis em água devido à sua proteção contra os impactos das gotas de chuva, bem como ao ressecamento rápido do solo, servindo também como cimentante de partículas minerais, compondo a estrutura de agregados estáveis.

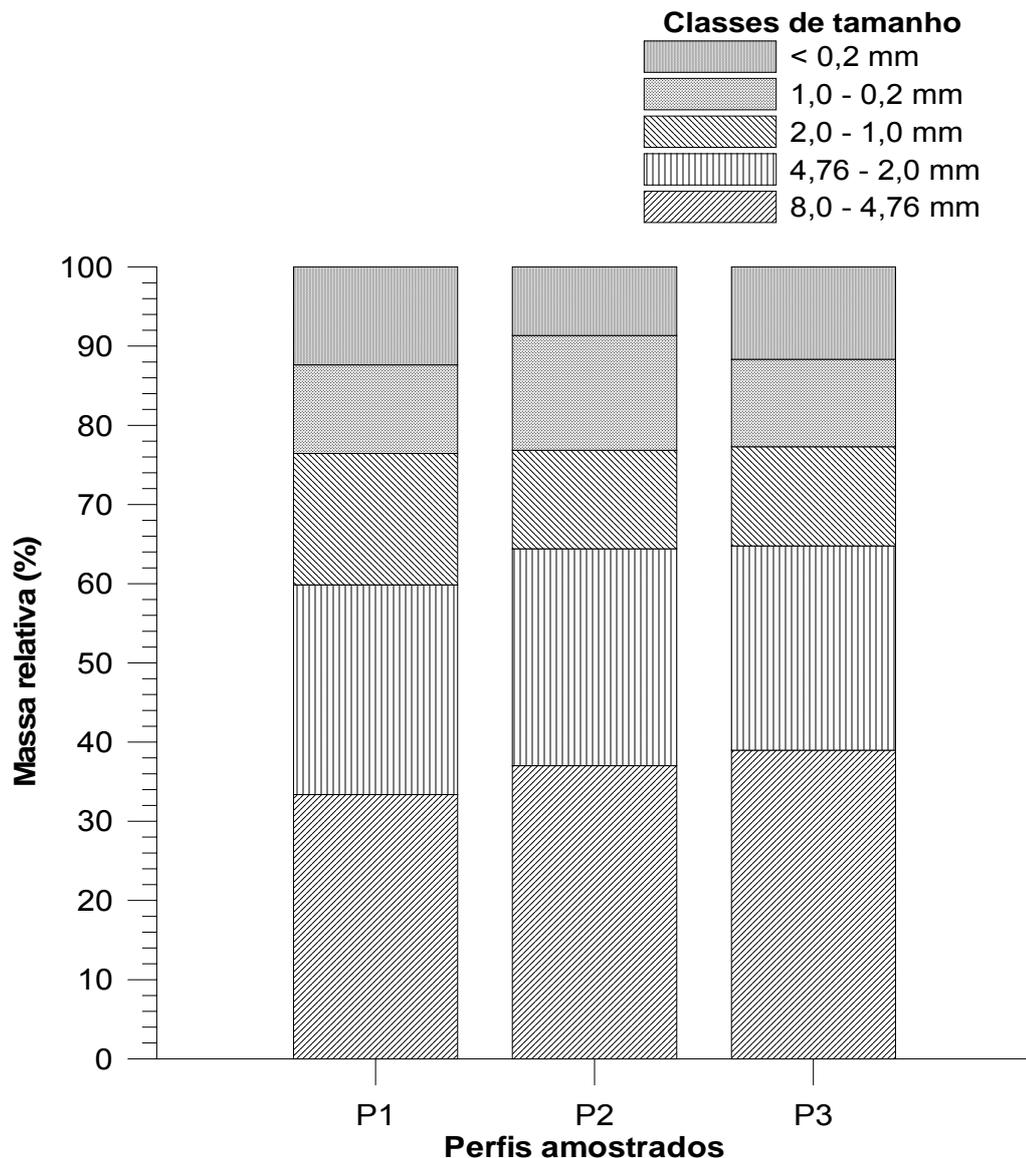


Figura 9 – Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água no horizonte A dos três perfis avaliados no Neossolo 4.

Para o Neossolo 5 em relação ao comportamento da distribuição dos agregados (Figura 10) podemos perceber que o solo apresentou variações entre os perfis, principalmente para o P1, que apresentou maior distinção dos demais. O P2 e o P3 tiveram semelhante comportamento da distribuição dos agregados, apresentando maiores diferenças para a classe de 1,0 a 0,2 mm e para a classe menor que 0,2 mm.

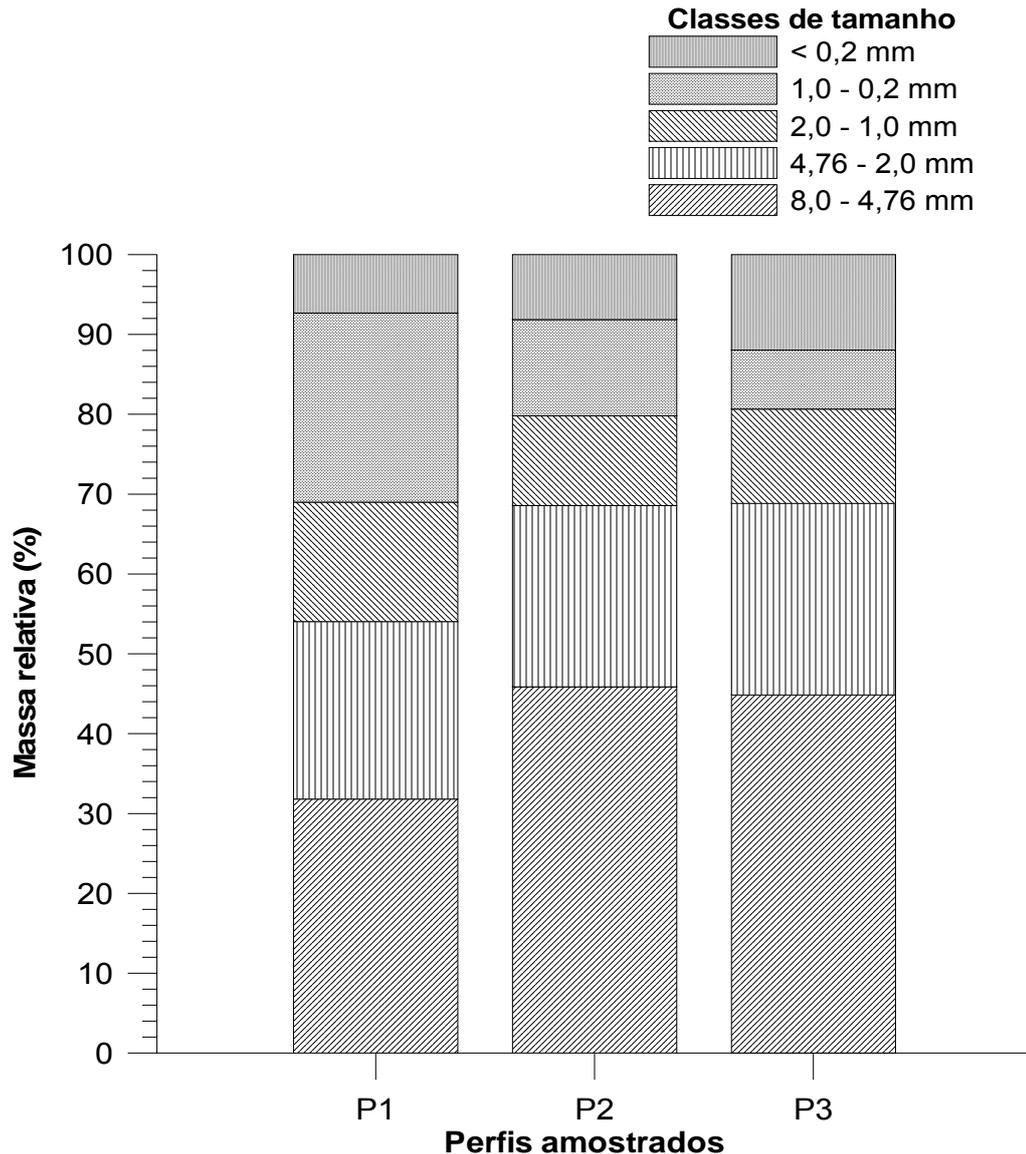


Figura 10 – Distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água no horizonte A dos três perfis avaliados no Neossolo 5.

As maiores diferenças entre o P1 ante o P2 e P3 foram apresentadas nas classes de 8-4,76 mm e 1-0,2 mm o que pode ter contribuído para a menor porosidade total e macroporosidade deste perfil.

A estabilidade estrutural do solo foi expressa pelo diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP) o diâmetro médio geométrico a seco (DMGs), e índice de estabilidade (DMG/DMGs) dos agregados em todos os perfis estudados.

Tabela 8 – Diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP) e índice de estabilidade (DMG/DMGs) dos agregados no horizonte A dos três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados.

Solo	DMG (mm)	DMP (mm)	DMG/DMGs
N1P1	1.8	3.1	1.1
N1P2	2.3	3.6	1.0
N1P3	2.6	3.8	1.1
N2P1	3.0	4.0	1.5
N2P2	1.8	3.4	0.6
N2P3	0.9	2.3	0.8
N3P1	2.2	3.5	1.1
N3P2	2.0	3.4	1.1
N3P3	1.9	3.0	1.1
N4P1	2.0	3.4	1.5
N4P2	2.2	3.6	1.7
N4P3	2.2	3.6	1.2
N5P1	1.9	3.2	0.6
N5P2	2.5	3.9	0.7
N5P3	2.4	3.9	0.9

Na Tabela 8 podemos observar que existe uma tendência similar entre os parâmetros DMP e DMG. Isso pode ser explicado por que os dois parâmetros só se diferenciam pela aplicação logarítmica na média das classes, diminuindo os valores para o DMG. Enquanto para o DMG os valores variaram de 0,9 a 3,0 mm, para o DMP a variação foi de 2,3 a 4,0 mm.

Valores do índice de estabilidade próximos de 1,0 indicam que os agregados contêm alta estabilidade, o que é evidenciado principalmente para os Neossolos 1 e 3. Valores muito baixos, como no caso do Neossolo 5, podem caracterizar uma baixa quantidade de argila exercendo cimentação entre partículas, ou a menor interação das partículas minerais com a matéria orgânica (Baver et al., 1973).

6.2.5 Curva característica de água no solo

A curva de retenção de água no solo é de importância fundamental para, entre outros estudos, aqueles que envolvem interações solo-planta, aeração, irrigação e drenagem. De acordo com Baver et al. (1973), os componentes do potencial de água no solo que possuem maior relevância nas relações solo-água-planta são o potencial matricial e o potencial osmótico. O conteúdo de água e o potencial matricial estão relacionados um com o outro, e a representação gráfica deste relacionamento para os solos estudados é apresentada na Figura 11.

De acordo com os dados apresentados na Figura 11 podemos perceber que em condições saturadas, as amostras perdem rapidamente a água retida nos macroporos (a linha pontilhada indica o limite entre macroporosidade e microporosidade), sendo que essa água pode ser a principal responsável pelo transporte de contaminantes que atravessam o solo em direção ao lençol freático subsuperficial. As diferenças observadas no conteúdo de água retido na primeira porção do gráfico estão associadas às variações na quantidade de macroporos.

Na água retida à potenciais mais negativos (microporos), também se observa diferença entre os perfis avaliados e isso se deve principalmente à variação na composição da fração menor que 2 mm, no tamanho das frações e na composição mineralógica.

De acordo com Pedron (2007), pelo fato dos Neossolos originados de rochas extrusivas básicas serem pedogeneticamente jovens, eles possuem menor quantidade de fração argila em relação ao total, mas ainda possuem argilominerais expansivos (2:1) como a montmorilonita e a vermiculita, que em condições de alta umidade, têm a capacidade de expandir e aumentar o seu espaço entre-camadas, aumentando a retenção de água.

De modo geral, o comportamento das curvas de retenção de água dos perfis amostrados dentro de cada solo não apresentaram grandes variações, com exceção do Neossolo 2, contudo fica evidente a variação existente entre os Neossolos.

Se traçarmos uma reta perpendicular à linha pontilhada que separa os macroporos dos microporos na altura em que as curvas interceptam a linha pontilhada e a estendermos até o eixo Y, teremos o conteúdo de água retido nos macroporos e nos microporos.

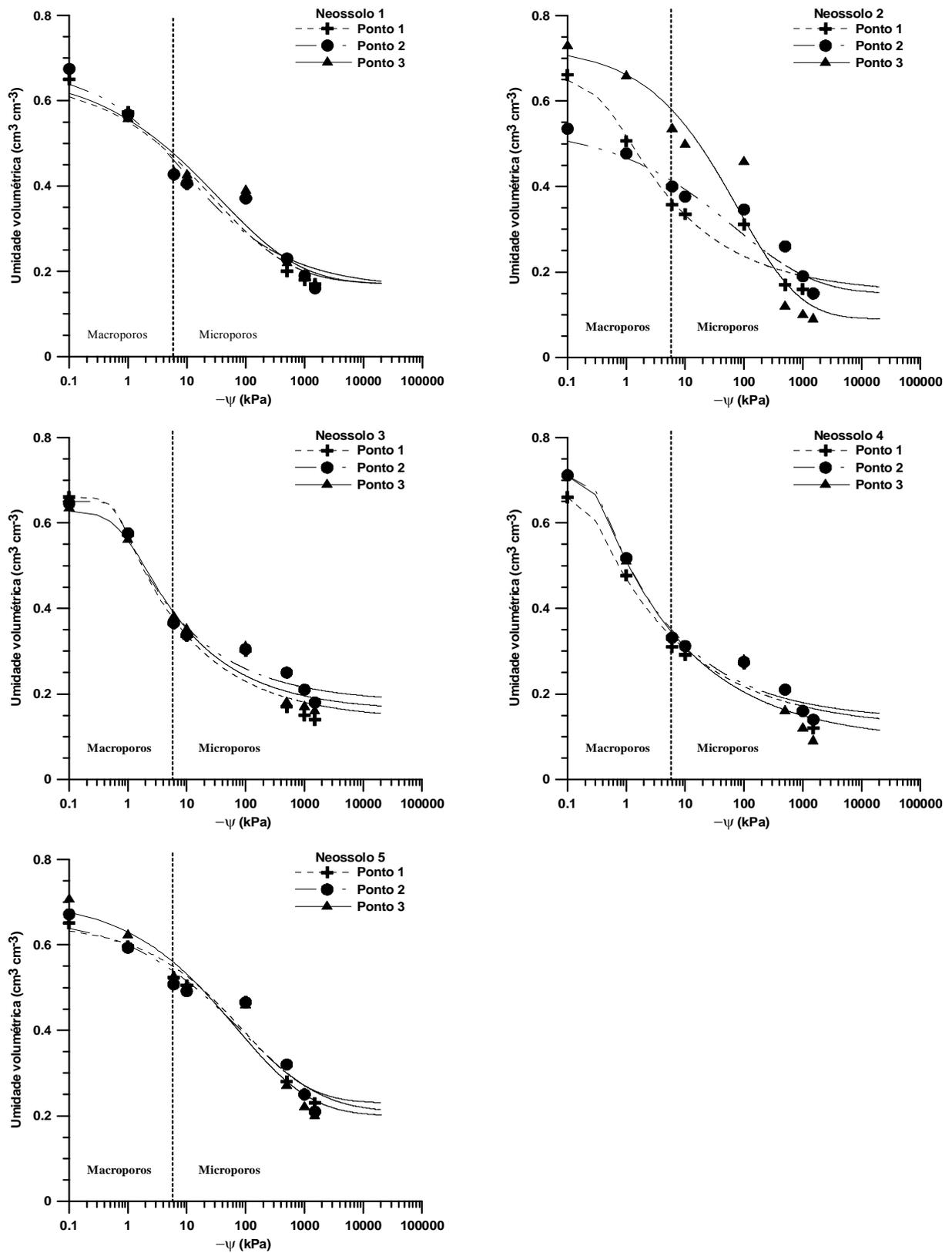


Figura 11 – Curvas de retenção de água para os três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados.

Nota-se que o Neossolo 5 foi o que apresentou maior quantidade de água retida nos microporos, seguido do N1. Esses solos foram os que apresentaram maiores quantidades de microporos. Além disso, o N5 foi o que apresentou maiores teores de argila, comportamento discordante com os dados obtidos por Kaiser (2006) para Neossolos onde aqueles com maior teor de argila retiveram menor conteúdo de água nos microporos. Comportamento semelhante a esses dados é relatado ao Neossolo 4 que também apresentou maiores quantidades de argila, porém com mais água retida nos macroporos. Esse comportamento pode estar associado ao maior conteúdo de carbono orgânico deste solo (Tabela 3), importante para as interações argilo-minerais, que contribuiu para uma mais eficiente agregação (Figura 9) e conseqüentemente, maior macroporosidade (Tabela 7).

Embora o Neossolo 3 apresente o maior conteúdo de terra fina no solo (Tabela 4), esses teores não se refletiram na retenção de água em poros de menor tamanho, visto que o N3 apresentou um dos maiores valores de macroporos. Esse solo apresentou conteúdo de água com boa distribuição entre os macroporos e microporos.

O comportamento do Neossolo 1 em relação à retenção de água foi semelhante ao Neossolo 5, embora o Neossolo 1 tenha apresentado menor teor de argila. Nesse sentido, a maior retenção de água nos microporos em relação aos macroporos pode ser explicada pelo maior armazenamento de água no saprólito (Tabela 10).

Diferentemente dos demais solos, o Neossolo 2 apresentou maiores variações entre os perfis amostrados. Destaca-se para esse solo o perfil 3, que reteve menor conteúdo de água nos macroporos em relação aos perfis 1 e 2. Somado a isso, esse perfil foi o que indicou menor conteúdo de água no ponto de murcha permanente, relatado pela maior parte da literatura como sendo o potencial de - 1500 kPa.

Segundo Hillel (1998), a capacidade de retenção de água no solo é uma propriedade determinada pela estrutura e pela granulometria do solo. Os poros são responsáveis pela retenção capilar da água e, quanto maior o seu tamanho, menor é a energia de retenção dessa água. Os macroporos (poros maiores que 0,05 mm) são rapidamente esvaziados após saturação do solo e essa água normalmente drena para camadas mais profundas.

6.2.6 Fraturamento da camada saprolítica

O fraturamento da camada saprolítica, principalmente no que se refere ao número e espessura de fraturas presente no saprólito, assim como o preenchimento dessas fraturas com material de diferentes origens é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Número, ângulo em relação ao plano gravitacional, espessura e preenchimento das fraturas do saprólito nos três perfis dos cinco Neossolos estudados.

Solo	N° frat.*		>45°(%)		<45° (%)		Espessura (mm)**		Cheios (mm)***		Vazios (mm)***	
	1****	2****	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
N1P1	8	8	13	63	87	37	56	20	34	16	13	4
N1P2	4	7	75	0	25	100	10	11	7	0	3	11
N1P3	6	6	0	33	100	67	13	8	9	3	4	5
N2P1	6	6	17	0	83	100	13	8	13	5	0	3
N2P2	5	3	0	33	100	67	8	5	2	2	6	3
N2P3	7	7	14	43	86	57	56	54	48	45	8	9
N3P1	5	1	0	100	100	0	9	10	5	10	4	0
N3P2	5	4	20	25	80	75	9	4	7	2	2	2
N3P3	7	9	28	22	72	78	15	13	10	6	5	7
N4P1	-	5	-	20	-	80	-	40	-	40	-	0
N4P2	3	3	33	33	67	67	12	15	12	15	0	0
N4P3	3	5	67	40	33	60	29	23	27	18	2	5
N5P1	6	8	17	0	83	100	10	18	10	18	0	0
N5P2	5	6	20	0	80	100	25	16	25	16	0	0
N5P3	9	10	44	10	56	90	36	16	36	16	0	0

* Número de fraturas em uma linha horizontal de 40cm.

** Espessura total das fraturas.

*** Espessura das fraturas com e sem preenchimento.

**** Os números 1 e 2 representam duas linhas horizontais situadas a 20cm uma da outra.

De acordo com a Tabela 9, podemos perceber que o número de fraturas presente no saprólito apresentou grande variação entre os perfis amostrados e entre os diferentes Neossolos. Para alguns perfis, o número de fraturas foi menor na linha 2 em relação à linha 1, enquanto que para outros perfis ocorreu o inverso.

Em relação ao ângulo de inclinação das fraturas na parte superior do saprólito percebe-se que, com exceção dos perfis N1P2 e N4P2, a maior parte das fraturas apresenta inclinação maior que 45° em relação ao plano gravitacional, indicando fluxo predominantemente no sentido horizontal. Já na linha localizada em camada mais profunda do saprólito, somente os perfis N1P1 e N3P1 apresentaram ângulos de inclinação menores que 45° em relação ao plano gravitacional.

Principalmente na linha 1, mas também na linha 2, a maior parte das fraturas do saprólito se encontrava preenchida com material. Destaque deve ser dado para os três perfis do Neossolo 5, onde 100 % das fraturas, tanto na linha 1 como na linha 2, apresentam-se preenchidas, o que pode diminuir a quantidade de água infiltrada no perfil, e para o perfil N4P1, que devido ao grande fraturamento na camada superficial do saprólito, não se pôde distinguir corretamente a configuração das fraturas.

A quantidade de fraturas pode ser um indicativo da potencialidade de infiltração de água e intemperização do saprólito, enquanto que o ângulo de inclinação das fraturas em relação ao plano gravitacional, descrito apenas como sendo maior ou menor que 45° , pode dar uma idéia da direção (vertical ou lateral) do fluxo de água dentro do perfil de solo. No entanto, Vepraskas et al. (1991) estudando a condutividade de água em fraturas e bioporos no saprólito citam que as fraturas não influenciaram o comportamento hídrico do solo, visto que a maior parte das fraturas encontrava-se preenchida com material e relatam que a maior parte da condutividade hidráulica no saprólito foi governada pelos bioporos.

A presença de material dentro das fraturas, por sua vez, pode agir como um impedimento mecânico ou impedimento físico-químico, através de adsorção e retenção, para a água que infiltra no perfil do solo, influenciando na quantidade e velocidade da água infiltrada.

6.2.7 Armazenamento de água no saprólito

A quantidade de água retida no saprólito e a tensão à qual ela está retida influenciam no comportamento da curva característica de água no solo, principalmente para solos que apresentam quantidades significativas de material grosseiro na composição do solo. A quantidade de água retida no saprólito (Tabela 10), do mesmo modo que para o solo, está diretamente relacionada com a porosidade do material. Deve-se salientar, porém, que uma melhor compreensão da influência do saprólito sobre a retenção de água no solo passa pela análise detalhada da quantidade de água retida em diferentes potenciais.

Tabela 10 – Quantidade de água armazenada em saprólitos coletados no horizonte Cr dos três perfis amostrados nos cinco Neossolos estudados.

Solo	Perfis amostrados		
	1	2	3
	----- Armazenamento de água (m ⁻³ m ⁻³) -----		
Neossolo 1	0.26	0.46	0.43
Neossolo 2	0.19	0.17	0.33
Neossolo 3	0.26	0.29	0.28
Neossolo 4	0.41	0.39	0.35
Neossolo 5	0.27	0.37	0.75

A Tabela 10 mostra a grande variação nos valores de armazenamento de água, o que pode indicar variados graus de intemperismo dos saprólitos. Os valores de quantidade de água nos saprólitos conferem com os dados obtidos por Moraes et al. (2004) que relatam grande variação na porosidade de saprólitos, inclusive quando derivados de uma mesma unidade litológica. Segundo esses mesmos autores, a variação da porosidade em nove saprólitos derivados de rochas graníticas e gnáissicas do embasamento cristalino coletados no estado de Minas Gerais foi da ordem de 0,33 a 0,46 m⁻³ m⁻³, enquanto que Begonha & Sequeira Braga (2002) encontraram variação nos valores de porosidade entre 0,07 a 0,011 m⁻³ m⁻³ para a rocha inalterada e 0,078 a 0,11 m⁻³ m⁻³ para saprólitos com maior grau de intemperização.

A quantidade de água retida no saprólito é de fundamental importância principalmente para solos rasos com uma zona de intemperismo espessa, e solos localizados em regiões que apresentam baixa precipitação pluviométrica, visto que essa zona serve como principal reservatório de água para as plantas (Witty et al., 2003). Os mesmos autores relatam que a quantidade de água armazenada na rocha alterada foi de 0,12 cm de água/cm de rocha, enquanto que para o solo foi de 0,2 cm de água/cm solo.

6.2.8 Infiltração de água no solo

A taxa de infiltração de água no solo, dada pela lâmina de água que infiltra no perfil de solo por unidade de tempo, é um dos atributos físicos que, isoladamente, melhor descreve a qualidade estrutural de um determinado solo.

No momento das avaliações, a umidade gravimétrica do Neossolo 1 foi de 0,267, 0,295 e 0,327 g g⁻¹, respectivamente para os perfis 1, 2 e 3. Na Figura 12 são apresentados os gráficos da taxa de infiltração e infiltração acumulada para os três perfis amostrados no Neossolo 1.

Pela análise da Figura 12, podemos observar que durante todo o tempo de avaliação, a taxa de infiltração e a infiltração acumulada de água no solo foi maior no perfil 3, em relação aos perfis 1 e 2, embora não houve grande diferença entre os perfis amostrados, contrastando com outros Neossolos, como por exemplo os Neossolos 2, 4 e 5 (Figuras 13, 15 e 16). No entanto, transcorridos 180 minutos após o início da determinação da infiltração, nota-se que o perfil 3 apresentou 2077 mm de lâmina de água infiltrada, ante 1516 mm no perfil 2, respectivamente, os perfis com maior e menor infiltração acumulada, apresentando diferença na ordem de aproximadamente 560 mm. Já a taxa de infiltração básica calculada para os três perfis foi de 556, 365 e 347 mm h⁻¹ para os perfis 1, 2 e 3, respectivamente.

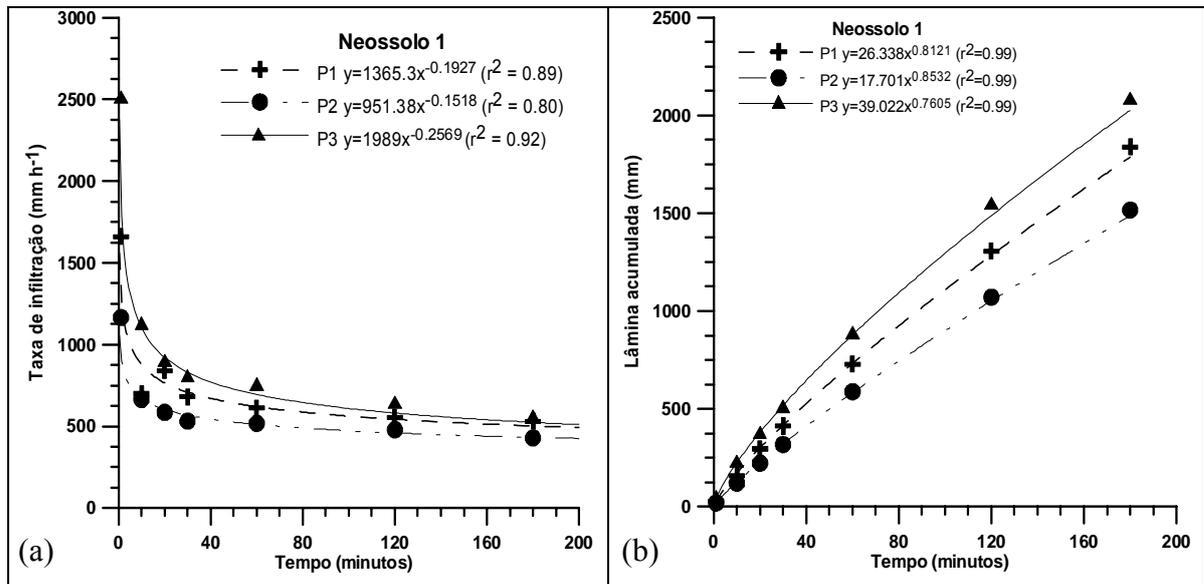


Figura 12 – Taxa de infiltração de água no solo (a) e infiltração acumulada (b) nos três perfis amostrados do Neossolo 1.

Segundo Hillel (1998), a equação de Kostiakov representa adequadamente o processo de infiltração de água no solo, para a maior parte dos intervalos de tempo de interesse agrícola, porém o seu emprego é limitado a situações onde há disponibilidade de dados de infiltração observados, e a comparação dos dados não

pode ser aplicada para outros tipos de solo e condições diferentes das quais os dados observados foram obtidos.

Para Forsythe (1975), a determinação da taxa de infiltração utilizando a metodologia dos duplos anéis concêntricos, que determina uma lâmina de água e, conseqüentemente, uma carga hidráulica sobre a superfície do solo, pode superestimar os valores reais de infiltração em cerca de cinco vezes. Porém, desconsiderando o valor numérico, os resultados são válidos para diferenciar os tratamentos estudados.

Para Brandão et al. (2006), a textura e a estrutura, determinam a quantidade, forma e continuidade de macroporos, e são as características físicas que tem maior influência sobre a condutividade hidráulica no solo. Analisando a Tabela 7, percebemos que a porosidade do solo nos três perfis foi similar. Aliado a isso, a Tabela 4 mostra que em relação à textura não houve grandes disparidades, sugerindo que esses dados estão de acordo com as afirmações dos autores supracitados.

As pequenas diferenças apresentadas podem estar relacionadas à menor quantidade de fração fina, tanto com relação à massa quanto em relação ao volume total de solo, apresentados pelo perfil 3 (Tabela 4), quanto ao maior DMG e DMP (Tabela 8) desse perfil. A menor infiltração do perfil 2 pode ter relação com o ângulo de inclinação das fraturas no saprólito (Tabela 9) que poderia estabelecer uma velocidade menor ao fluxo de água quando comparado ao fraturamento no sentido vertical.

Como os Neossolos são solos pedogeneticamente jovens, geralmente localizados em terrenos declivosos, onde ocorre grande perda de solo e água por escoamento superficial, sua gênese está intimamente relacionada com estes fatores. É de se esperar, portanto, que este tipo de solo apresente grandes variações nos seus atributos químicos, físicos e morfológicos, refletindo principalmente no seu comportamento hídrico.

Para o Neossolo 2, a umidade gravimétrica do solo no momento da determinação da infiltração de água foi de 0,140, 0,103 e 0,196 g g⁻¹, respectivamente para os perfis 1, 2 e 3.

O comportamento da taxa de infiltração de água no solo e da infiltração de água acumulada do Neossolo 2 é apresentado na Figura 13.

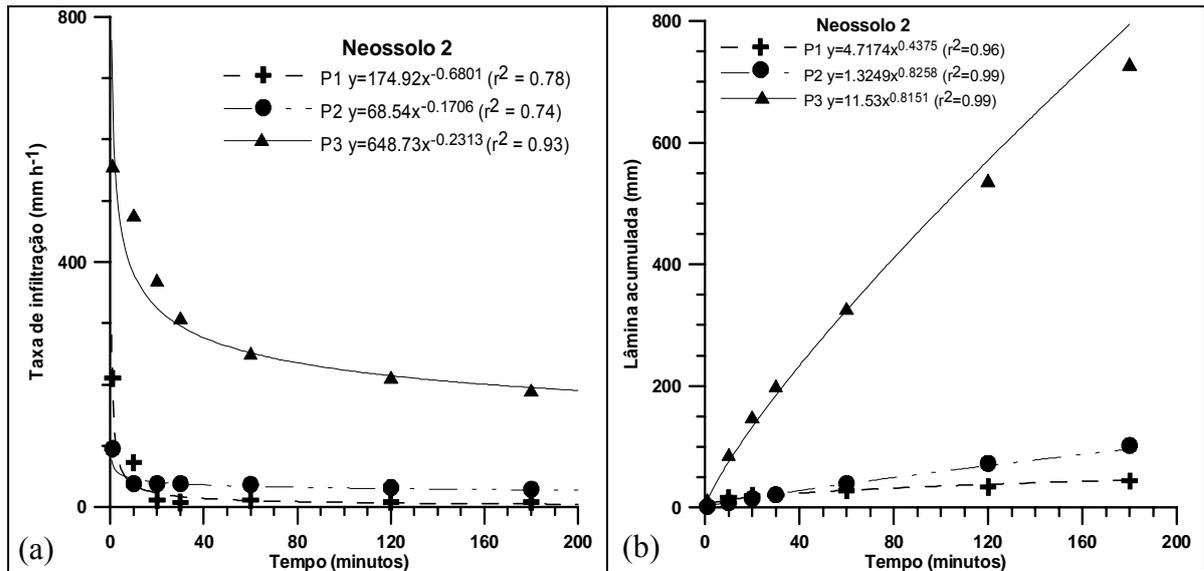


Figura 13 – Taxa de infiltração de água no solo (a) e infiltração acumulada (b) nos três perfis amostrados do Neossolo 2.

A Figura 13 mostra que os perfis 1 e 2 do Neossolo 2 mostraram comportamento da taxa de infiltração e da infiltração acumulada de água semelhante, contudo, diferindo do perfil 3, que apresentou maior taxa e maior infiltração acumulada de água no solo em todos os tempos avaliados. Se analisarmos a Tabela 4, podemos notar que em relação à espessura do horizonte A desses perfis, o P3 foi o perfil de menor espessura, 17 cm, em relação aos demais, 30 e 32 cm, respectivamente para P1 e P2. Além disso, o P3 apresentou maior porosidade total (Tabela 7) e menor conteúdo de argila e fração fina (Tabela 4), DMG, DMP (Tabela 8), densidade do solo pelo método do anel (Tabela 6) e, maior número e espessura de fraturas (Tabela 9). Isso evidencia a influência desses parâmetros na infiltração de água desses solos.

Para a lâmina de água acumulada, a diferença máxima se estabeleceu entre o perfil 1, onde a lâmina infiltrada foi de aproximadamente 44 mm, e o perfil 3, com aproximadamente 726 mm de água infiltrada. Como a taxa de infiltração acumulada depende da taxa de infiltração de água no solo, os motivos para esse comportamento são os mesmos apresentados acima.

No Neossolo 2, que se situa sob campo nativo, a taxa básica de infiltração foi de aproximadamente 10 e 34 mm h^{-1} para os perfis 1 e 2, enquanto que para o P3 foi de 164 mm h^{-1} , valores significativamente menores que os encontrados no Neossolo 1. Esses valores de taxa básica de infiltração nos perfis 1 e 2, são

menores, inclusive, que os encontrados por Silva (2003) para Argissolo sob distintos estados de compactação que foram de aproximadamente 30 mm h^{-1} .

Nos perfis 1, 2 e 3 do Neossolo 3, a umidade gravimétrica do solo na avaliação da taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no solo (Figura 14) foi, respectivamente, de $0,118$; $0,172$ e $0,115 \text{ g g}^{-1}$.

O Neossolo 3 não apresentou comportamento diferente entre os locais amostrados. Esse solo localiza-se sob campo natural em terreno plano, onde não foi evidenciado processo erosivo aparente. Desse modo, suas características físicas são semelhantes, o que se reflete na taxa de infiltração de água. As pequenas diferenças apresentadas devem estar relacionadas a pequenas variações nos seus atributos físicos e morfológicos, principalmente devido ao maior número de fraturas com inclinação menor que 45° em relação ao plano gravitacional para os perfis 2 e 3 (Tabela 9).

A taxa de infiltração de água para este solo se aproximou de 76 , 56 e 50 mm h^{-1} nos três perfis, enquanto que a lâmina acumulada apresentou uma leve diferença, onde o P2 teve 369 mm de água infiltrados enquanto o P3 teve uma infiltração de 240 mm de água após 180 minutos de ensaio.

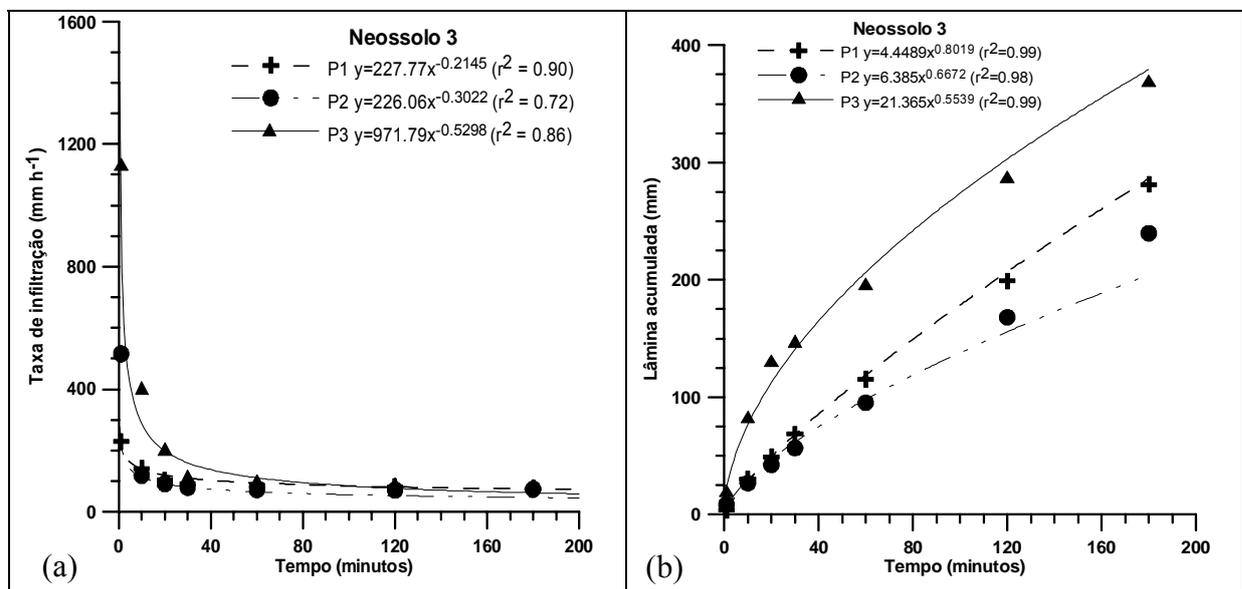


Figura 14 – Taxa de infiltração de água no solo (a) e infiltração acumulada (b) nos três perfis amostrados do Neossolo 3.

Os solos localizados sob campo nativo (Neossolo 2 e 3) apresentaram taxas de infiltração e infiltração acumulada inferiores aos dos solos localizados sob mata (Neossolo 1 e 4). Comportamento semelhante foi obtido por Suzuki et al. (2000) que

encontraram taxa de infiltração de 1160 mm h^{-1} para solos sob mata e Souza & Cogo (1978), estudando a infiltração em áreas de campo natural, onde obtiveram taxa de infiltração de água de aproximadamente 80 mm h^{-1} .

O Neossolo 4 apresentou umidade gravimétrica de 0,146, 0,133 e 0,187 g g^{-1} , respectivamente, para os perfis 1, 2 e 3 no momento da realização da infiltração de água. O comportamento da taxa de infiltração e da infiltração acumulada de água nesses perfis pode ser observado na Figura 15.

Analisando a Figura 15 percebe-se uma significativa disparidade na taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no solo, principalmente para o P3, que apresentou valores maiores que os demais perfis. O P3 apresentou 5160 mm de lâmina de água infiltrada enquanto que no P1 foram infiltrados 871 mm de água após 180 minutos de ensaio. A diferença estabelecida entre esses extremos foi de 4292 mm de água. No entanto, os três perfis não mostraram diferenças na porosidade, somente pequenas variações na quantidade de argila e fração fina de solo, além do DMG e DMP dos agregados. A taxa básica de infiltração para os três perfis amostrados no Neossolo 4 foi de 152, 305 e 953 mm h^{-1} , respectivamente, para os perfis 1, 2 e 3.

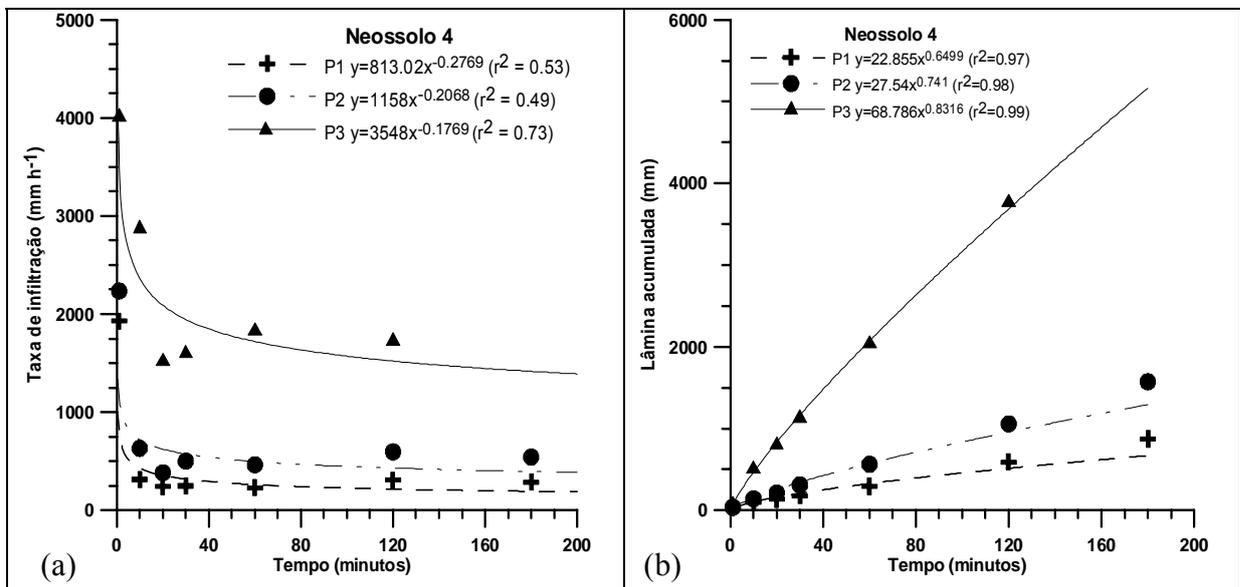


Figura 15 – Taxa de infiltração de água no solo (a) e infiltração acumulada (b) nos três perfis amostrados do Neossolo 4.

Os três perfis amostrados no Neossolo 4, assim como os três perfis amostrados do Neossolo 1, ambos localizados sob mata, apresentaram valores

inferiores aos encontrados pelos autores supracitados, porém o perfil 3, apresentou valores semelhantes aos dados desses autores, que citam que a presença de canalículos formados pela decomposição das raízes de plantas e da fauna do solo contribui para as altas taxas de infiltração de água no solo, principalmente em solos sob mata. Além disso, a maior espessura do horizonte A do perfil 1 deve ter colaborado com a menor taxa de infiltração e infiltração acumulada neste local.

Já no Neossolo 5, a umidade gravimétrica dos perfis 1, 2 e 3 foi de 0,168, 0,175 e 0,206 g g⁻¹. A Figura 16 mostra a infiltração (taxa e infiltração acumulada) de água nos três perfis amostrados do Neossolo 5, onde foi observado que durante todo o tempo de avaliação, a taxa de infiltração e a infiltração acumulada de água no Neossolo 5 foram maiores no P1, em relação ao P2 e P3.

Embora o perfil 1 tenha apresentado menores teores de argila, menor macroporosidade, porosidade total, DMG, DMP e maior quantidade de fração terra fina, foi o que apresentou maior infiltração, o que não confere com a maior parte dos dados da literatura sobre essas relações. Contudo, Souza & Cogo (1978) apontam que a redução da macroporosidade e porosidade total não afetaram a infiltração de água nas condições daquele trabalho.

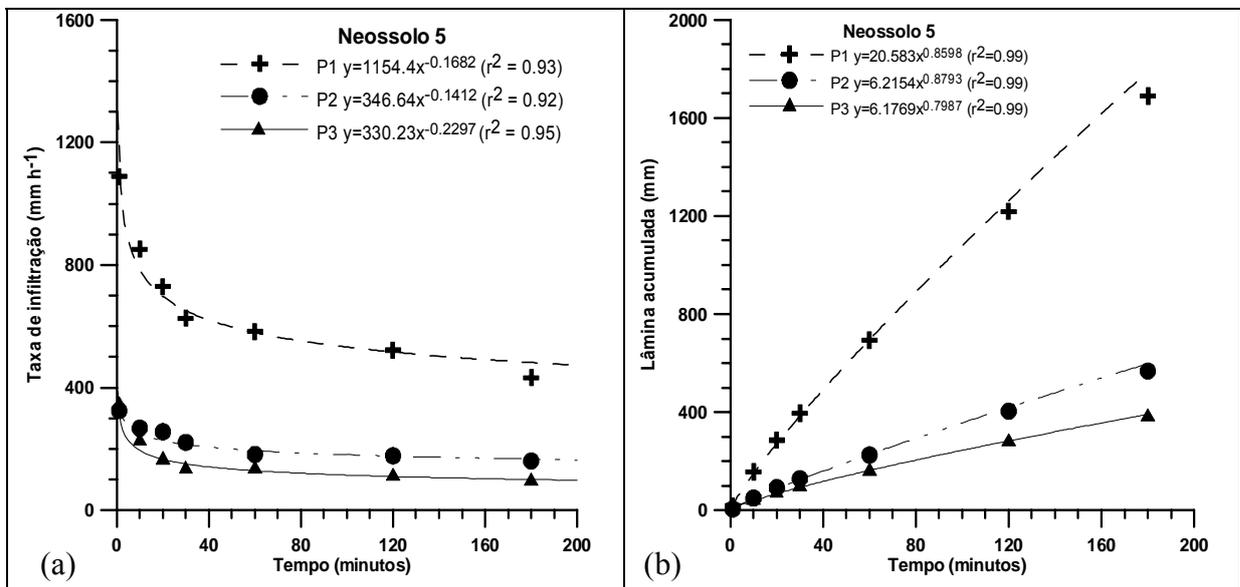


Figura 16 – Taxa de infiltração de água no solo (a) e infiltração acumulada (b) nos três perfis amostrados do Neossolo 5.

A taxa básica de infiltração do P1 foi de 388 mm h⁻¹ enquanto que dos perfis 2 e 3 foi de 161 e 96 mm h⁻¹, mostrando uma diferença de mais de três vezes. A maior

diferença entre a infiltração acumulada dos três perfis se deu entre o P1, que apresentou 1690 mm infiltrados e o P3, onde ocorreu uma infiltração de água na ordem de 380 mm.

Se compararmos os dados de taxa básica de infiltração, determinados nos Neossolos estudados, com os dados obtidos para outras classes de solo, observamos que estes foram significativamente maiores. Lanzasova (2005) encontrou taxas de infiltração de 5 a 35 mm h⁻¹ para diferentes intensidades de pastejo e 50 a 80 mm h⁻¹ para diferentes sistemas de culturas num Argissolo Vermelho-Amarelo. Trein et al. (1991) encontraram valores de 38 e 121 mm h⁻¹ para taxa de infiltração de água em um Argissolo submetido a diferentes lotações animais, enquanto que Suzuki et al. (2000) encontraram taxa de 85 mm h⁻¹ em um Latossolo submetido a preparo convencional.

De modo geral, o comportamento da taxa de infiltração e da infiltração acumulada de água no solo, deixa claro que diferentes Neossolos apresentam grandes diferenças em seus atributos físicos. Além disso, verificou-se que em uma mesma classe de solo, nesse caso, cinco Neossolos Regolíticos Eutróficos típicos, houve grandes variações em seu comportamento hídrico, deixando claro que uma descrição mais detalhada do comportamento físico-hídrico dos Neossolos é necessária.

6.3 Análise estatística dos dados analisados

A análise estatística objetivou realizar o agrupamento das características dos solos estudados sintetizando a variação multidimensional dos dados avaliados em um diagrama, ordenando-os nos eixos, de acordo com suas similaridades em relação às variáveis utilizadas. Para a ordenação dos componentes foi utilizado o método da análise dos componentes principais. A Figura 17 mostra o comportamento apresentado pela distribuição dos dados.

No diagrama da Figura 17 a distribuição dos solos amostrados é representada por pontos e indicam sua correlação com os eixos enquanto as características dos solos são representadas por setas, indicando a direção do gradiente máximo das mesmas. O comprimento da seta é proporcional à correlação da característica com os eixos e à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo e os ângulos entre elas refletem as intercorrelações entre as

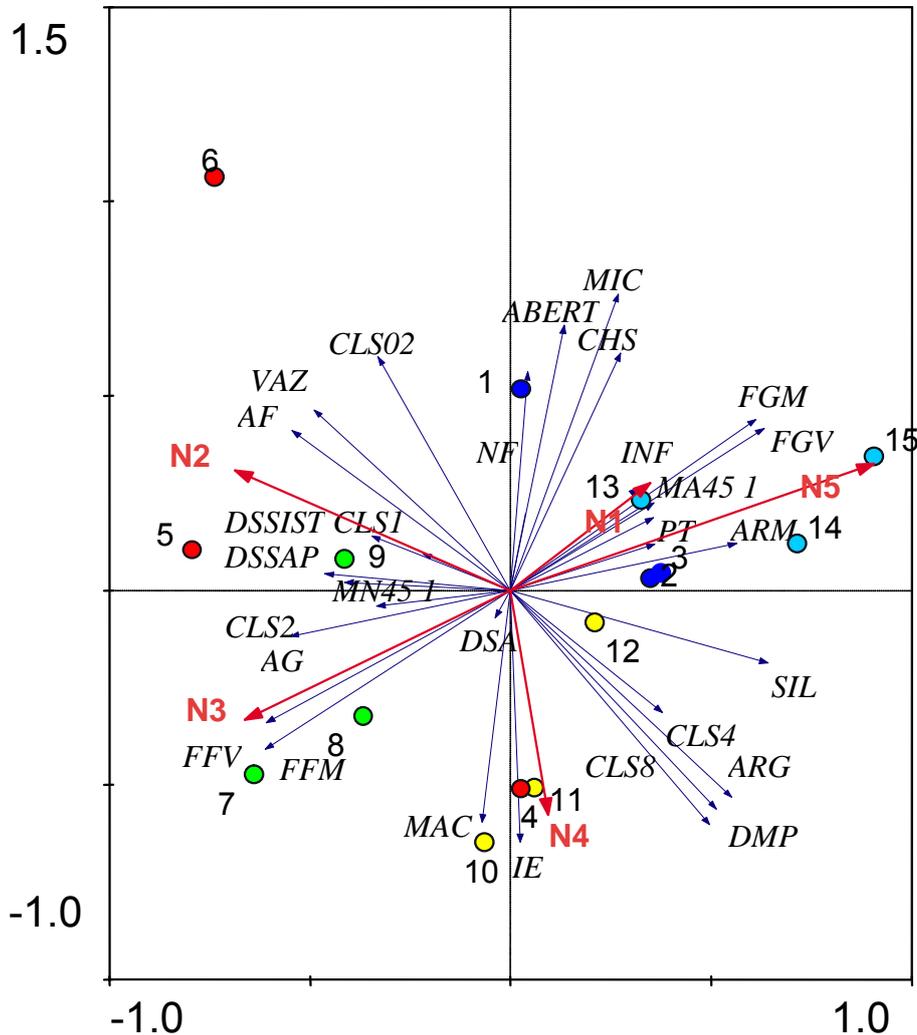
variáveis. Uma proximidade maior ou menor entre duas características no plano traduz uma maior ou menor correlação entre essas variáveis, principalmente quando elas estão afastadas do centro do plano. A proximidade entre duas amostras traduz certa similaridade entre elas em termos de variações das características dos solos. Com base nessas informações, verificou-se que a análise dos componentes principais apresentou autovalores (soma ao quadrado das coordenadas de cada eixo, representa o maior grau de correlação possível de todas as características) de 0,243 para o primeiro eixo (horizontal) e de 0,192 para o segundo eixo (vertical).

Em relação aos solos estudados observou-se uma ordenação de quatro grupos distintos de solos, onde somente os Neossolos 1 e 5 apresentaram comportamento semelhante e encontram-se no mesmo quadrante no diagrama. Os perfis amostrados dentro dos Neossolos mostraram comportamento bastante irregular. Enquanto as amostras 13, 14 e 15 encontram-se mais próximos de si, indicando comportamento geral similar entre si, as amostras 4, 5 e 6 ficaram distribuídas a grande distância e em diferentes quadrantes, indicando comportamento bastante diferenciado entre si.

Quanto às características dos solos, percebe-se estreita relação direta entre a infiltração de água no solo com a porosidade total, com os ângulos das fraturas em relação ao plano gravitacional e com a fração grosseira com base na massa e volume e relação inversa com as frações finas de solo.

Percebe-se também, como citado anteriormente, que o número de fraturas no saprólito não apresentou grande relação com a infiltração de água, uma vez que os espaços dentro das fraturas podem estar ocupados por solo. A densidade do sistema, obtida pelo método da escavação apresentou maior relação com a densidade do saprólito em relação à densidade obtida pelo método do anel, pressupondo que este método seja mais eficiente na determinação do real estado de arranjo das partículas no solo.

Embora todos os cinco Neossolos estudados tenham evidenciado grandes diferenças nos seus atributos químicos, físicos e morfológicos, apresentaram a mesma classificação até o quarto nível do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. Em virtude dos dados obtidos nesse trabalho, e sustentado por outros dados como os apresentados por Pedron (2007), sugere-se o uso de alguns atributos, como o fraturamento da camada saprolítica, a espessura do horizonte A e a infiltração de água no solo para a divisão desses solos em diferentes classes.



Legenda: N1, N2, N3, N4 e N5 (Neossolos 1, 2 3, 4 e 5); MAC (macroporosidade); MIC (microporosidade); PT (porosidade total); FFM (fração fina com base em massa); FFV (fração fina com base em volume); FGM (fração grossa com base em massa); FGV (fração grossa com base em volume); AG (areia grossa); AF (areia fina); SIL (silte); ARG (argila); CLS02 (classe de tamanho de agregados menor que 0,2 mm); CLS1 (classe de tamanho de agregados entre 1 e 0,2 mm); CLS2 (classe de tamanho de agregados entre 2 e 1 mm); CLS4 (classe de tamanho de agregados entre 4,76 e 2 mm); CLS8 (classe de tamanho de agregados entre 8 e 4,76 mm); DMP (diâmetro médio ponderado dos agregados); IE (índice de estabilidade); MN 45 1 (número de fraturas no saprólito com ângulo menor que 45°); MA 45 1 (número de fraturas no saprólito com ângulo maior que 45°); DSA (densidade pelo método do anel); DSSAP (densidade do saprólito); DSSIST (densidade do sistema); VAZ (fraturas sem preenchimento); CHS (fraturas preenchidas); NF (número de fraturas); ABERT (abertura das fraturas); ARM (armazenamento de água) e INF (taxa básica de infiltração). Os pontos 1-15 correspondem aos três perfis amostrados dos Neossolos 1-5, respectivamente.

Figura 17 – Diagrama de ordenação das características e dos perfis amostrados em cinco Neossolos da região do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.

7 CONCLUSÕES

Existe relação entre parâmetros morfométricos de conjuntos regolíticos com a infiltração de água determinada pelo método dos anéis concêntricos em Neossolos Regolíticos da região central do RS;

Os Neossolos avaliados apresentaram diferenças em relação aos atributos físicos. Da mesma forma, a variabilidade encontrada entre os perfis do mesmo Neossolo confere a estes solos comportamento hídrico distinto.

A análise dos componentes principais indicou que a infiltração de água no solo tem estreita relação com a porosidade total do solo, ângulos de fraturamento do saprólito e com a distribuição das frações grosseira e fina do solo;

A análise da densidade do solo pelo método da escavação mostrou maior relação com a densidade do saprólito e demonstra maior eficiência a determinação da densidade do sistema solo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M.; CABEDA, M. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 753-761, out. 1999.

ALVES, M. C.; et al. Propriedades físicas e infiltração de água de um Latossolo Vermelho Amarelo (Oxisol) do noroeste do estado de São Paulo, Brasil, sob três condições de uso e manejo. **Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe**, v. 30, n. 1, p. 167-180, 2005.

AZEVEDO, A. C. Funções ambientais do solo. In: FÓRUM SOLOS & AMBIENTE, 1., 2004, Santa Maria. **Solos & Ambiente**. Santa Maria: Pallotti, 2004. p. 07-22.

AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D. A evolução da vida e as funções do solo no ambiente. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. v. 5, p. 1-48.

BAVER, L. D., GARDNER, W. D.; GARDNER, W. R. **Física del suelos**. México: Union Tipografia Editorial Hispano-Americana, 1973. 529 p.

BEGONHA, A.; SEQUEIRA BRAGA, M. A. Weathering of the Oporto granite: geotechnical and physical properties. **Catena**, v. 49, n. 1, p. 57-76, ago. 2002.

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

BERTOL, I.; et al. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem Capim Elefante Anão cv. mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, mai. 2000.

BERTOL, I.; et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 155-163, jan. 2004.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. **Methods of Soil Analysis – Part 1: Physical and mineralogical methods**. 2nd. ed. Madison: American Society of Agronomy - Soil Science Society of America, 1986. p. 363-375.

BLAND, W; ROLLS, D. **Weathering: an introduction to the scientific principles**. London: Arnold, 1998. 271 p.

BOUMA, J.; et al. The function of different types of macropores during saturated flow through four swelling soils horizons. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 41, n. 5, p. 945-950, set. 1977.

BRADY N. C.; WEIL, R. R. **The Nature and properties of soils**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 960 p.

BRANDÃO, V.; et al. **Infiltração de água no solo**. Viçosa: UFV, 2006. 120 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul**. Recife.1973. 431 p. (Boletim Técnico; n. 30).

BUOL, S. W. Saprolite - regolith taxonomy: an approximation. In: CREMEENS, D. L.; et al. (ed.). **Whole regolith pedology**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 119-132. (Special Publication n. 34).

CALVERT, C. S.; et al. Mineralogical characteristics and transformation of a rock-saprolite-soil sequence in the North Caroline Piedmont: I. Profile morphology, chemical composition, and mineralogy. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 1104-1112, 1980.

CAUDURO, F. A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem**. Porto Alegre: PRONI-IPH-UFRGS, s.d., 1986. 216 p.

CINTRA, F.; MIELNICZUK, J.; SCOPEL, I. Caracterização do impedimento mecânico em um Latossolo Roxo do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 3, p. 323-327, set. 1983.

COLLARES, G. L. **Compactação em Latossolos e Argissolo e relação com parâmetros de solo e de plantas**. 2005. 106 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

COPETTI, A. C. C.; et al. Recuperação de carbono em solos de uma microbacia hidrográfica de cabeceira. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo, 2006. 1CD-ROM.

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

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 221 p.

_____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2. ed., Brasília: EMBRAPA, 2006. 306 p.

EPSTEIN, E.; GRANT, W. J.; STRUCHTEMEYER, R. A. Effects of stones on runoff, erosion and soil moisture. **Soil Science Society American Proceedings**, Visconsin, v. 30, n.1, p. 638-640, jan. 1966.

ESPÍNOLA, F. C. S. **Comparação de métodos de infiltração de água no solo**. 1977. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

FERNÁNDES, P. C.; LUQUE, J. A.; PAOLINI, J. D. **Análisis de la infiltración y su aplicación para diseños de riego em el valle inferior del Rio Colorado**. Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária. 1971. 29 p.

FORSYTHE, W. **Física de suelos**. Manual de laboratório. San Jose: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1975. 212 p.

HILLEL, D. **Environmental Soil Physics**. San Diego: Academic Press, 1998. 770 p.

IBGE. **Levantamento de recursos naturais do projeto Radam-Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796 p.

ITAQUI, J. **Quarta Colônia: inventários técnicos**. Santa Maria: Condesus Quarta Colônia, 2002. 256 p.

KAISER, D. R. **Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. **Methods of soil analysis. Part 1**. Madison: American Society of Agronomy - Soil Science Society of America, 1965. p. 499-509.

KERN, D. C.; KAMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná, Pará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 219-225, mai. 1989.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo – planta – atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984.

LANZANOVA, M. E. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária**. 2005. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

LELLES L. C. ; et al. Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em cursos d' água. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 439-444, 2005.

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R; RIBEIRO, A. I. 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.

MACHADO, S. R. V. **Caracterização química, física e mineralógica de saprólitos do estado de São Paulo e suas implicações na taxonomia e uso agrícola**. 1997. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas.

MACIEL FILHO, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1990.

McCOY, E. L.; et al. Macropore hydraulics: taking a sledgehammer to classical theory. IN: LAL, R.; STEWART, B. A. Soil processes and water quality. **Advances in Soil Science**, 1994. p. 303-348.

MELO, V. F.; et al. Reserva mineral e caracterização mineralógica de alguns solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 159-164, mai. 1995.

MESSING, I.; JARVIS, N. J. A comparison of near-saturated hydraulic properties measured in small cores and large monoliths in a clay soil. **Soil Technology**, v. 7, n. 4, p. 291-302, mar.1995.

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

MORAIS, F.; BACELLAR, L. A. P.; SOBREIRA, F. G. Análise da erodibilidade de saprólitos de gnaiss. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1055-1062, nov. 2004.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, Secção de Geografia, 1961. 46 p.

MOTERLE, D. F.; et al. Alteração da mineralogia e dos atributos químicos de um Neossolo Litólico cultivado com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, 2007. 1CD-ROM.

OH, N. H.; RICHTER, D. D. Elemental translocation and loss from three highly weathered soil-bedrock profiles in the southeastern United States. **Geoderma**, v. 126, n. 1, p. 5-25, mai. 2005.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 414 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.

PEDRON, F. de A.; et al. Solos Urbanos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1647-1653, 2004.

PELLEGRINI, A. **Sistemas de cultivo da cultura do fumo com ênfase às práticas de manejo e conservação do solo**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

RAWLS, W. L.; et al. Infiltration. In: ASCE. **Hidrology handbook**. 2nd. ed., New York: [s.n], 1996. p. 75-124.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e de energia em ecossistemas**. 2. ed., Piracicaba, SP: USP/ESALQ. 1996. 505 p.

REICHERT, J. M.; et al. Caracterização física dos solos. In: RHEINHEIMER, D.S. (editor). **Caracterização física, química e biológica dos solos na microbacia hidrográfica do Arroio Lino, Nova Boêmia, Agudo – RS**. Santa Maria, 2003. p. 19-30. (Relatório técnico).

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L, E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, v. 5, 2007.

REINHART, K. G. The problem of stones in soil-moisture measurement. **Soil Science Society Proceedings**, v. 30, p. 268-270, 1961.

RHEINHEIMER, D. S.; et al. Caracterização química dos solos. In: RHEINHEIMER, D.S. (editor). **Caracterização física, química e biológica dos solos na microbacia hidrográfica do Arroio Lino, Nova Boêmia, Agudo – RS**. Santa Maria, 2001. p. 7-16. (Relatório Técnico).

ROSOLEM, C. A.; et al. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p.491-497, set. 1994.

ROSSATO, O. B.; et al. Recuperação de carbono orgânico em um Chernossolo de uma Bacia Hidrográfica de Cabeceira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, 2007. 1CD-ROM.

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

SAUER, T. J.; LOGSDON, S. D. Hydraulic and physical properties of stony soils in a small watershed. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, n. 6, p. 1947-1956. 2002.

SILVA, V. R. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 2003. 171 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 191-199, jan. 2000.

SIQUEIRA, O. J. F.; DENARDIN, J. E. Equipamento para medir a taxa de infiltração de água no solo utilizando anéis concêntricos em um sistema com água constante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 73-75, jan. 1985.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Núcleo Regional Sul. **Manual de adubação e calagem para os**

Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed., Porto Alegre, 2004. 400 p.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P. Caracterização física em solo da unidade de mapeamento São Jerônimo-RS (Paleudult), em três sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n. 3, p. 170-175, set. 1978.

STERNBERG, P. D.; et al. Root distribution and seasonal water status in weathered granitic bedrock under chaparral. **Geoderma**, v. 72, n. 1, p. 89-98, jul. 1996.

STRECK, E. V.; et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Emater/RS – UFRGS, 2002. 126 p.

STÜRMER, S. L. K.; et al. Perdas e recuperação de carbono orgânico em um Cambissolo sob diferentes usos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, 2007. 1CD-ROM.

SUZUKI, L. E. A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas.** 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C.; HIPÓLITO, J. L. Alteração na infiltração de água de um Latossolo vermelho-amarelo do noroeste do estado de São Paulo sob sistema de preparo convencional. **Revista de Iniciação Científica**, v. 2, (n.esp), p. 57-63, 2000.

ter BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5).** Microcomputer Power, Ithaca, New York, 2002. 500 p.

TREIN, C. R.; et al. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 105-111, jan. 1991.

van GENUCHTEN, M. T. A. Closed-form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

VEPRASKAS, M. J.; et al. Hydraulic conductivity of saprolite as determined by channels and porous groundmass. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 4, p. 932-938, jul. 1991.

van WAMBEKE, A. **Soils of the tropics: properties and appraisal.** MacGraw-Hill. 1991. 343 p.

WHITE, A. F.; BRANTLEY, S. L. Chemical Weathering Rates of Silicate Minerals. Washington, USA. **Mineralogical Society of America**, 1995.

WITTY, J. H.; et al. Contributions of water supply from the weathered bedrock zone to forest soil quality. **Geoderma**, v. 114, n. 4, p. 389-400, jun. 2003.

ANEXOS

ANEXO A – Descrição morfológica do Neossolo 1**Descrição Geral****PERFIL:** n° 01 – Perfil N1P2.**DATA:** 07/11/2007.**CLASSIFICAÇÃO:** NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.**LOCALIZAÇÃO:** Estrada que liga a rodovia RS 158 à reserva biológica da CORSAN no município de Itaara (S 29° 33,584' e W 53° 49,547').**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL:** Descrito e coletado em corte de estrada em trecho médio da coxilha, com declividade de 34 % (19°), sob floresta nativa.**ALTITUDE:** 235 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:** Floresta estacional semidecidual.**USO ATUAL:** Floresta natural.**CLIMA:** Cfa, da classificação de Köppen.**DESCRITO E COLETADO POR:** Sidinei Leandro K. Stürmer e Fabrício de A. 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, abundantes.
Cr/A	15 – 45 cm; solo: 7,5YR 3/2 (úmido), 5YR 3/3 (seco); saprólito: 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; saprólito: muito firme; transição clara e plana, comuns.
Cr	45 – 110 cm; saprólito: 10YR 5/3 (úmido), 10YR 6/8; muito firme; transição clara e ondulada.
R	110 – 230+ cm.

RAÍZES: Abundantes, finas e grossas, fasciculadas e pivotantes, de herbáceas e árvores nativas no horizonte A; Comuns, finas e grossas, fasciculadas e pivotantes,

de herbáceas e árvores nativas no Cr/A; comuns, finas (menor que 0,5 cm) no Cr e poucas entre as fraturas das rochas no R.

OBSERVAÇÕES: Horizonte A com saprólito arredondado (coluvial), horizonte Cr/A com rochas parcialmente decompostas de 1 a 30 cm, com terra fina entre o material grosseiro. Horizonte Cr com rochas mais intemperizadas que no horizonte Cr/A. O Horizonte R é rocha inalterada.

Análise granulométrica

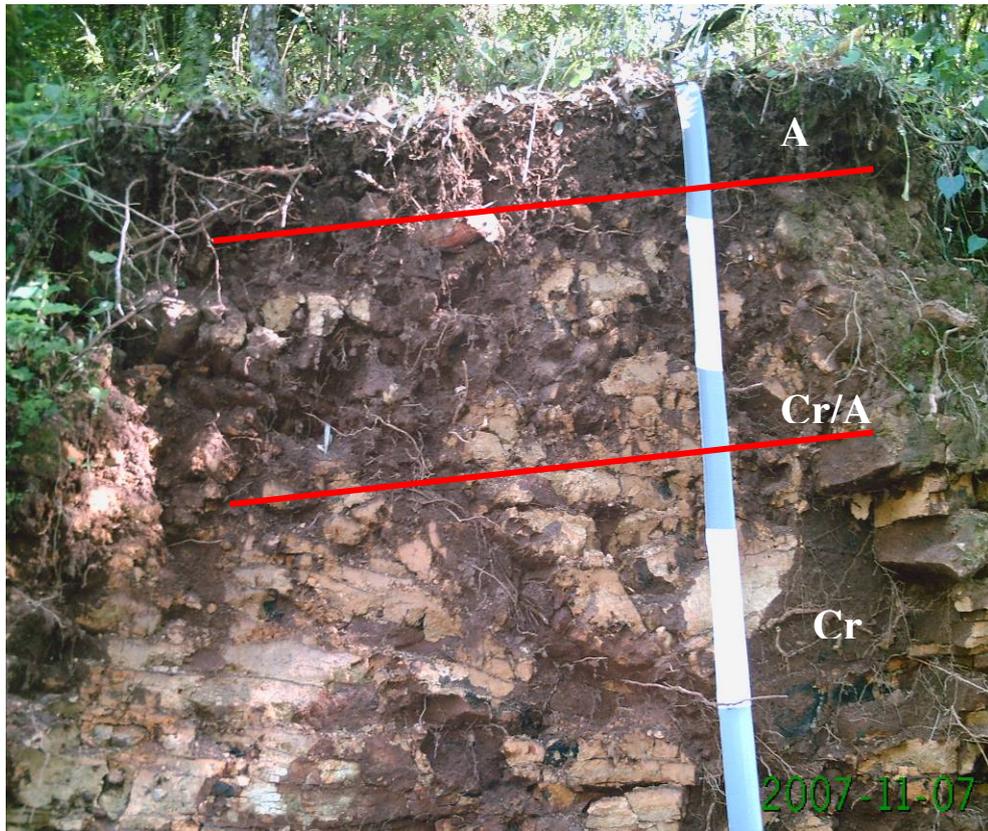
Horizonte	Profundidade	Composição granulométrica da terra fina g kg ⁻¹ (dispersão com NaOH)			
		Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,2 – 0,05mm)	Silte (0,05 – 0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0 – 15	135	225	438	202
Cr/A	15 – 45	-	-	-	-
Cr	45 – 110 +	-	-	-	-
R	-	-	-	-	-

Análise química

Horizonte	Complexo sortivo – cmol _c dm ⁻³							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	CTC efetiva	CTC _{pH7}
A	16,3	3,1	0,6	20,0	0	5,6	20,0	25,6
Cr/A	14,9	3,3	0,4	18,6	0	4,5	18,6	23,1
Cr	17,8	6,0	0,5	24,3	0	3,7	24,3	28,0
R	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH H ₂ O (1:2,5)	Al	Valor V	P assimilável	K assimilável	C Orgânico (g kg ⁻¹)
		%		mg dm ⁻³		
A	5,6	0	78	2,2	224	25,5
Cr/A	5,6	0	80	1,5	148	10,4
Cr	5,6	0	87	0,7	176	4,6
R	-	-	-	-	-	-

Aspecto do perfil e local de coleta e descrição do solo.



OBS: Cada secção da fita métrica corresponde a 20 cm.

ANEXO B – Descrição morfológica do Neossolo 2**Descrição Geral****PERFIL:** n° 02 – N2P1**DATA:** 07/11/2007**CLASSIFICAÇÃO:** NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.**LOCALIZAÇÃO:** Estrada que liga a rodovia RS 158 ao município de São Martinho da Serra, próximo à reserva biológica da CORSAN, no município de São Martinho da Serra (S 29° 32,852' e W 53° 51,423').**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL:** Descrito e coletado em corte de estrada na porção superior da coxilha, com declividade de 22 % (12°), sob campo nativo.**ALTITUDE:** 218 m.**LITOLOGIA:** Rochas ígneas extrusivas básicas.**FORMAÇÃO GEOLÓGICA:** Formação Serra Geral.**CRONOLOGIA:** Cretáceo inferior.**MATERIAL ORIGINÁRIO:** Basalto.**PEDREGOSIDADE:** Ligeiramente pedregosa.**ROCHOSIDADE:** Não rochosa.**RELEVO LOCAL:** Forte ondulado.**RELEVO REGIONAL:** Ondulado a forte ondulado.**EROSÃO:** Não aparente.**DRENAGEM:** Bem drenado.**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA:** Floresta estacional semidecidual.**USO ATUAL:** Campo Nativo.**CLIMA:** Cfa, da classificação de Köppen.**DESCRITO E COLETADO POR:** Sidinei Leandro K. Stürmer e Fabrício de A. Pedron.**Descrição Morfológica**

A	0 – 30 cm; 7,5YR 3/2 (úmido), 5YR 4/3 (seco); franco; blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e plana.
Cr	30 – 115 cm; saprólito interno: 7,5YR 6/4 (úmido), 5YR 6/3 (seco), saprólito externo: 5YR 3/3 (úmido); friável; transição abrupta e plana.
R	115 – 150+ cm.

RAÍZES: Abundantes, finas e médias, principalmente de gramíneas no horizonte A e poucas, finas, de gramíneas no horizonte Cr entre as fraturas.**OBSERVAÇÕES:** O horizonte A apresenta fragmentos de saprólito enquanto que o horizonte Cr encontra-se bastante alterado, sendo facilmente cortado com a pá e com a faca.

Análise granulométrica

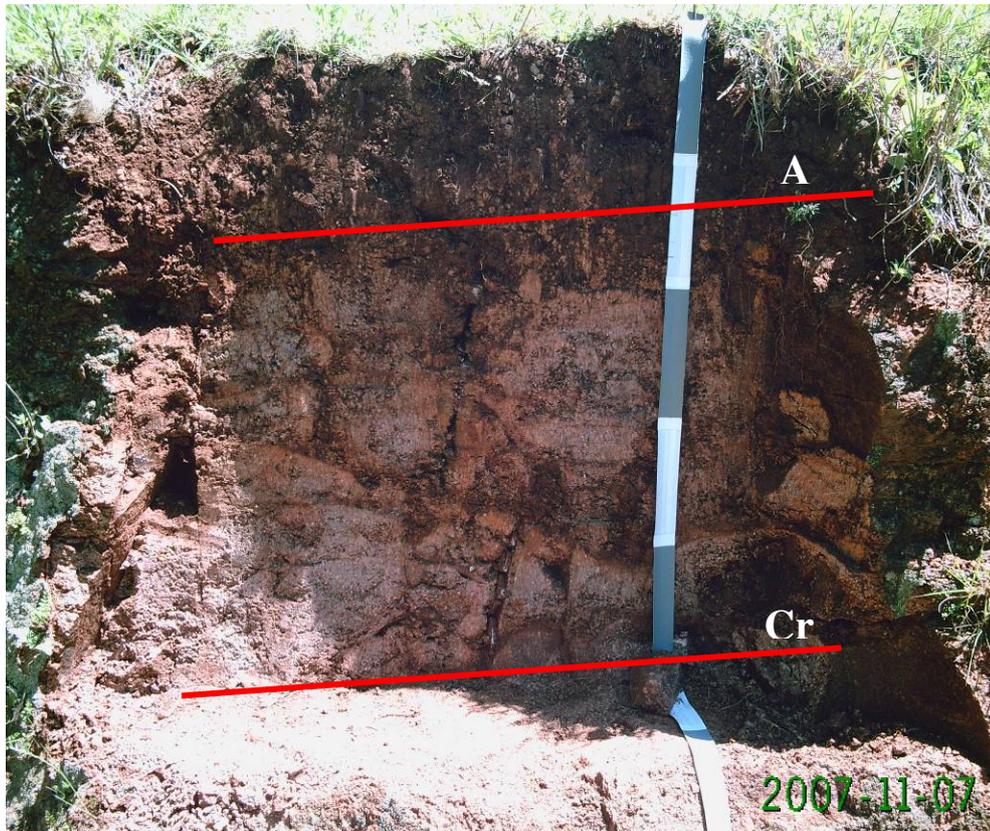
Horizonte	Profundidade	Composição granulométrica da terra fina g kg ⁻¹ (dispersão com NaOH)			
		Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,2 – 0,05mm)	Silte (0,05 – 0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0 – 30/40	139	248	387	225
Cr	30/40 – 115	-	-	-	-
R	115 – 150+	-	-	-	-

Análise química

Horizonte	Complexo sortivo – cmol _c dm ⁻³							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	CTC efetiva	CTC _{pH7}
A	15,6	4,1	0,3	20,0	0	3,7	20,0	23,7
Cr	15,6	4,9	0,1	20,6	0	1,1	20,6	21,7
R	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH H ₂ O (1:2,5)	Al	Valor V	P assimilável	K assimilável	C Orgânico (g kg ⁻¹)
		%		mg dm ⁻³		
A	5,9	0	84	2,2	108	18,5
Cr	6,6	0	95	6,8	36	4,6
R	-	-	-	-	-	-

Aspecto do perfil e local de coleta e descrição do solo.



OBS: Cada secção da fita métrica corresponde a 20 cm.

ANEXO C – Descrição morfológica do Neossolo 3

Descrição Geral

PERFIL: n° 03 – N3P2.

DATA: 07/11/2007.

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.

LOCALIZAÇÃO: Estrada que liga a rodovia RS 158 ao município de São Martinho da Serra, próximo à reserva biológica da CORSAN, no município de São Martinho da Serra (S 29° 33,925' e W 53° 50,974').

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em corte de estrada na porção inferior da encosta da serra, em local plano, com declividade de 2% (1°), sob campo nativo.

ALTITUDE: 228 m.

LITOLOGIA: Rochas ígneas extrusivas básicas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral.

CRONOLOGIA: Cretáceo inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Basalto.

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta estacional semidecidual.

USO ATUAL: Campo nativo.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Sidinei Leandro K. Stürmer e Fabrício de A. Pedron.

Descrição Morfológica

A	0 – 23 cm; 7,5YR 4/4 (úmido), 5YR 3/3 (seco); franco; blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
Cr/A	23 – 43 cm; solo: 7,5YR 4/4 (úmido), 5YR 3/3 (seco), saprólito: 7,5YR 5/6 (úmido), 7,5YR 6/8 (seco); solo: granular, muito pequena, pegajosa e ligeiramente plástica, saprólito: muito firme; transição clara e plana a ondulada.
Cr	43 – 120+ cm: 7,5YR 6/6 (úmido), 7,5YR 6/8 (seco), muito firme.

RAÍZES: Abundantes, finas, de gramíneas diversas no horizonte A, comuns no horizonte Cr/A e poucas, finas, de gramíneas no horizonte Cr entre as fraturas.

OBSERVAÇÕES: Horizonte Cr/A é facilmente cortado com a pá. Horizonte Cr é cortado moderadamente fácil com a pá a facilmente cortado com a picareta. Fraturas verticais e horizontais no Cr bem visíveis.

Análise granulométrica

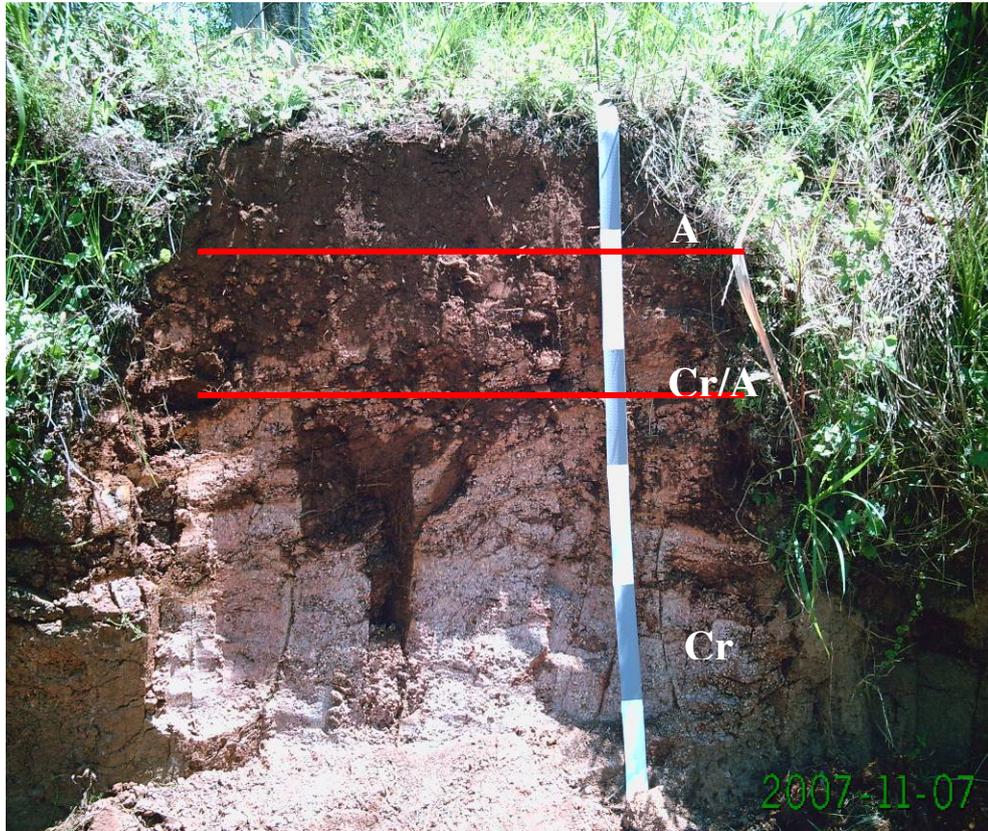
Horizonte	Profundidade	Composição granulométrica da terra fina g kg ⁻¹ (dispersão com NaOH)			
		Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,2 – 0,05mm)	Silte (0,05 – 0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0 – 23	106	216	424	254
Cr/A	23 – 43	-	-	-	-
Cr	43 – 120+	-	-	-	-
R	-	-	-	-	-

Análise química

Horizonte	Complexo sortivo – cmol _c dm ⁻³							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	CTC efetiva	CTC _{pH7}
A	13,9	4,3	0,45	18,7	0	4,2	18,7	22,9
Cr/A	12,5	3,5	0,48	16,5	0	3,5	16,5	20,0
Cr	15,3	5,5	0,47	21,3	0	1,9	21,3	23,2
R	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH H ₂ O (1:2,5)	Al	Valor V	P assimilável	K assimilável	C Orgânico (g kg ⁻¹)
		%		mg dm ⁻³		
A	5,7	0	82	1,5	176	18,5
Cr/A	5,7	0	83	0,7	188	8,7
Cr	6,1	0	92	3,7	184	6,9
R	-	-	-	-	-	-

Aspecto do perfil e local de coleta e descrição do solo.



OBS: Cada secção da fita métrica corresponde a 20 cm.

ANEXO D – Descrição morfológica do Neossolo 4**Descrição Geral****PERFIL:** n° 04 – Perfil N4P2.**DATA:** 07/11/2007.**CLASSIFICAÇÃO:** NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.**LOCALIZAÇÃO:** Estrada que liga a rodovia RS 158 à reserva biológica da CORSAN, próximo à comunidade de Estação Pinhal, no município de Itaara (S 29° 34,929' e W 53° 48,372').**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL:** Descrito e coletado em barranco escavado em trecho médio da coxilha, com declividade de 18% (10°), sob floresta nativa.**ALTITUDE:** 425 m.**LITOLOGIA:** Rochas ígneas extrusivas ácidas.**FORMAÇÃO GEOLÓGICA:** Formação Serra Geral.**CRONOLOGIA:** Cretáceo inferior.**MATERIAL ORIGINÁRIO:** Riodacito**PEDREGOSIDADE:** Moderadamente pedregoso.**ROCHOSIDADE:** Não rochoso.**RELEVO LOCAL:** Ondulado.**RELEVO REGIONAL:** Ondulado a forte ondulado.**EROSÃO:** Não aparente.**DRENAGEM:** Bem drenado.**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA:** Floresta estacional semidecidual.**USO ATUAL:** Floresta natural.**CLIMA:** Cfa, da classificação de Köppen.**DESCRITO E COLETADO POR:** Sidinei Leandro K. Stürmer e Fabrício de A. Pedron.**Descrição Morfológica**

A	0 – 15 cm; 10R 2,5/1 (úmido), 10R 5/1 (seco); franco argiloso; blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição clara e plana.
Cr 1	15 – 58 cm; solo: 2,5YR 5/2 (úmido), 10R 6/1 (seco); blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; firme, ligeiramente plástica e pegajosa; saprólito: 10R 5/1 (úmido) 5YR 7/1 (seco), muito firme, transição clara e plana.
Cr 2	58 – 150+ cm; 5YR 6/2 (úmido), 10R 6/1 (seco); firme, transição clara e plana.

RAÍZES: Abundantes, até 3cm de diâmetro, de arbustos, herbáceas e árvores nativas no horizonte A; Poucas no horizonte Cr1 e raras no Cr2.

OBSERVAÇÕES:

- Os horizontes Cr1 e Cr2 são bastante intemperizados e são facilmente cortados com a pá. Apresentam fraturas visíveis e saprólito de coloração clara.

Análise granulométrica

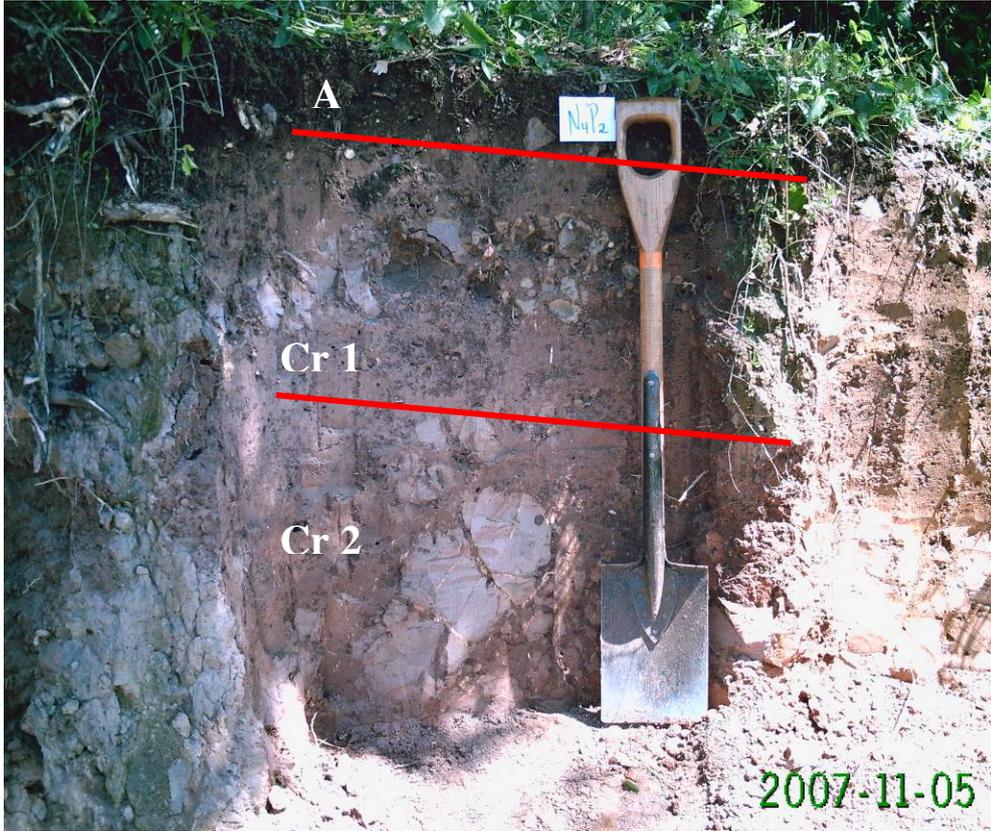
Horizonte	Profundidade	Composição granulométrica da terra fina g kg ⁻¹ (dispersão com NaOH)			
		Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,2 – 0,05mm)	Silte (0,05 – 0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0 – 15	167	146	398	290
Cr 1	15 – 58	-	-	-	-
Cr 2	58 – 150+	-	-	-	-

Análise química

Horizonte	Complexo sortivo – cmol _c dm ⁻³							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	CTC efetiva	CTC _{pH7}
A	9,7	4,4	1,4	15,5	0,0	3,6	15,5	19,1
Cr 1	6,2	1,9	0,5	8,6	1,2	0,8	9,8	10,6
Cr 2	2,7	1,5	0,2	4,4	6,3	0,7	10,7	11,4

Horizonte	pH H ₂ O (1:2,5)	Al	Valor V	P assimilável	K assimilável	C Orgânico (g kg ⁻¹)
		%		mg dm ⁻³		
A	5,9	0	81	10,1	540	29,6
Cr 1	4,9	12	81	3,7	180	8,7
Cr 2	4,6	59	39	3,0	96	3,5

Aspecto do perfil e local de coleta e descrição do solo.



ANEXO E – Descrição morfológica do Neossolo 5**Descrição Geral****PERFIL:** n° 05 – Perfil N5P2.**DATA:** 07/11/2007.**CLASSIFICAÇÃO:** NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico.**LOCALIZAÇÃO:** Próximo à empresa Britas Pinhal, entre os municípios de Santa Maria e Itaara (S 29° 38,729' e W 53° 44,820').**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA SOBRE O PERFIL:** Descrito e coletado em barranco escavado em trecho médio da coxilha, com declividade de 20 % (11°), sob capoeira.**ALTITUDE:** 425 m.**LITOLOGIA:** Rochas ígneas extrusivas ácidas.**FORMAÇÃO GEOLÓGICA:** Formação Serra Geral.**CRONOLOGIA:** Cretáceo inferior.**MATERIAL ORIGINÁRIO:** Riodacito.**PEDREGOSIDADE:** Moderadamente pedregosa.**ROCHOSIDADE:** Não rochosa.**RELEVO LOCAL:** Ondulado.**RELEVO REGIONAL:** Suave ondulado a ondulado.**EROSÃO:** Não aparente.**DRENAGEM:** Bem drenado.**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA:** Floresta estacional semidecidual.**USO ATUAL:** Capoeira.**CLIMA:** Cfa, da classificação de Köppen.**DESCRITO E COLETADO POR:** Sidinei Leandro K. Stürmer e Fabrício de A. Pedron.**Descrição Morfológica**

A	0 – 14 cm; 5YR 3/4 (úmido), 5YR 6/2 (seco); franco argiloso; blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
Cr/A	14 – 53 cm; solo: 5YR 4/4 (úmido), 5YR 6/2 (seco), blocos subangulares, pequena a muito pequena, granular, pequena a muito pequena; friável, ligeiramente plástica e pegajosa; saprólito: 7,5YR 6/6 (úmido), 7,5YR 8/4 (seco); firme, transição clara e plana.
Cr	53 – 140 cm; 10YR 5/8 (úmido), 10YR 8/4 (seco), firme; transição clara e plana.
RC	140 – 240+ cm.

RAÍZES: Comuns, finas e médias, de herbáceas e gramíneas no horizonte A; Poucas no horizonte Cr/A e raras no Cr.

OBSERVAÇÕES:

- O horizonte Cr é bastante intemperizado e cortado com moderada facilidade pela pá.

Análise granulométrica

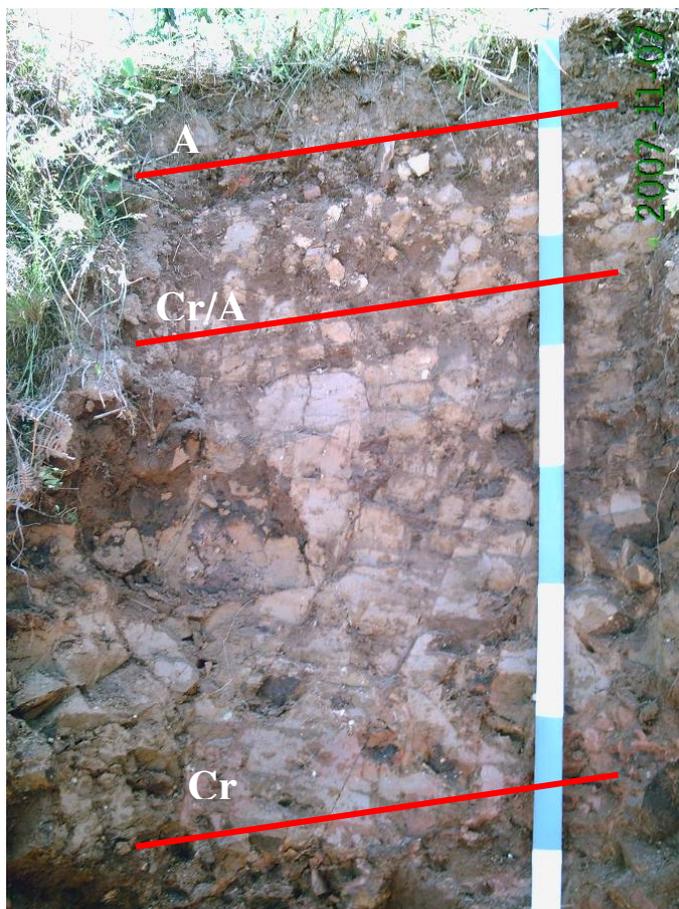
Horizonte	Profundidade	Composição granulométrica da terra fina g kg ⁻¹ (dispersão com NaOH)			
		Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,2 – 0,05mm)	Silte (0,05 – 0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0 – 14	38	174	500	287
Cr/A	14 – 53	-	-	-	-
Cr	53 – 140	-	-	-	-
RC	140 – 240+	-	-	-	-

Análise química

Horizonte	Complexo sortivo – cmol _c dm ⁻³							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	CTC efetiva	CTC _{pH7}
A	16,0	5,0	1,0	22,0	0,2	4,2	22,2	26,4
Cr/A	19,2	6,2	0,4	25,8	0,3	2,6	26,1	28,7
Cr	6,9	4,7	0,5	12,1	10,0	0,5	22,1	22,6
RC	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH H ₂ O (1:2,5)	Al	Valor V	P assimilável	K assimilável	C Orgânico (g kg ⁻¹)
		%		mg dm ⁻³		
A	5,3	1	83	3,7	384	18,0
Cr/A	5,3	1	90	1,5	140	6,9
Cr	4,4	45	54	1,5	200	2,3
RC	-	-	-	-	-	-

Aspecto do perfil e local de coleta e descrição do solo.



OBS: Cada secção da fita métrica corresponde a 20 cm.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)