

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

**IDENTIFICAÇÃO DO LIMITE ENTRE SOLO E
SAPROLITO EM ARGISSOLOS BRUNO-
ACINZENTADOS DERIVADOS DE ROCHAS
SEDIMENTARES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rodrigo Bomicieli de Oliveira

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

PPGCS/UFSM

OLIVEIRA, Rodrigo Bomicieli

Mestre

2012

**IDENTIFICAÇÃO DO LIMITE ENTRE SOLO E SAPROLITO
EM ARGISSOLOS BRUNO-ACINZENTADOS DERIVADOS
DE ROCHAS SEDIMENTARES**

Rodrigo Bomicieli de Oliveira

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Relação Solo-Paisagem, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência do Solo

Orientador: Prof. Fabrício de Araújo Pedron

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

**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**

**IDENTIFICAÇÃO DO LIMITE ENTRE SOLO E
SAPROLITO EM ARGISSOLOS BRUNO-ACINZENTADOS
DERIVADOS DE
ROCHAS SEDIMENTARES**

elaborada por
Rodrigo Bomicieli de Oliveira

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

COMISSÃO EXAMINADORA

Fabício de Araújo Pedron, Dr.
(Presidente/Orientador)

Ricardo Simão Diniz Dalmolin, Dr. (UFMS)

Antônio Carlos Azevedo, Dr. (Esalq/USP)

Santa Maria, 29 de fevereiro de 2012.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a pessoas especiais e fundamentais em minha vida...
Aos meus pais por terem sido exemplo de simplicidade, honestidade e caráter.

Dimas Freire de Oliveira Filho
Valdeci Bomicieli de Oliveira

A minha Irmã
Giane Bomicieli de Oliveira

A minha noiva
Iana da Luz Militz,

pela amizade e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela possibilidade de realização do curso de mestrado;

Ao meu orientador Prof. Fabrício, pelo incentivo, amizade, confiança, apoio, sugestões e conselhos em todos os momentos decisivos e importantes de minha trajetória e, pelo exemplo de dedicação às pessoas e ao ensino e pesquisa;

Ao colega Ademir de Oliveira Ferreira pelos esclarecimentos em agregação de solo e matéria orgânica e pela amizade;

Aos amigos e colegas de trabalho, Gabriel Deobald, Vanessa Bertolazi, Estéfane Chaves, Rafael Reckziegel, André Dotto, Jean Bueno, Pablo Miguel, Alessandro da Rosa, Mirian Rodrigues e Luiz Eugênio, pelo auxílio em análises, dúvidas e pelo companheirismo e amizade;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudos;

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação, pelo coleguismo, companheirismo e auxílio durante a realização do curso;

Aos amigos e pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, obrigado!

É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar. É melhor tentar, ainda que em vão que sentar-se, fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias frios em casa me esconder. Prefiro ser feliz embora louco, que em conformidade viver.

(Martin Luter King)

RESUMO

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

IDENTIFICAÇÃO DO LIMITE ENTRE SOLO E SAPROLITO EM ARGISSOLOS BRUNO-ACINZENTADOS DERIVADOS DE ROCHAS SEDIMENTARES

AUTOR: RODRIGO BOMICIELI DE OLIVEIRA
ORIENTADOR: FABRÍCIO DE ARAÚJO PEDRON
Local e Data da Defesa: Santa Maria, 29 de fevereiro de 2012.

Os Argissolos Bruno-Acinzentados derivados de material sedimentar ocorrem, na região da Depressão Central Gaúcha sobre siltitos e arenitos em relevos ondulados a suave ondulados. Esses solos são predominantemente pouco profundos, o que confere maior importância as suas camadas subsuperficiais. Estas camadas tem sido, frequentemente, descritas de forma inadequada no campo, devido à dificuldade em se interpretar os contatos entre o solo e o saprolito. Além disso, o horizonte/camada C tem sido motivo de divergência entre vários pesquisadores por ora ser considerado solo ora saprolito. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi analisar diferentes perfis de Argissolos Bruno-Acinzentados derivados de material sedimentar das Formações Sanga do Cabral e Santa Maria – Membro Alemoa, dispostos entre os municípios de Santa Maria e São Pedro do Sul. O trabalho seguiu três linhas de investigação, uma morfológica, uma física e uma química. Os resultados apontaram duas situações: o C é um horizonte que apresenta desenvolvimento com fortes indícios de pedogênese, mostrando morfologia e comportamento físico-químico semelhante ao horizonte Bt; e o C é uma camada de transição entre o saprolito (Cr) e o solo (Bt), independente de ambos, mas com possibilidades de miscigenação com os mesmos.

Palavras-chave: Argissolos, morfologia, estrutura, cor, saprolito, material sedimentar.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Soil Science Graduate Program
Federal University of Santa Maria

IDENTIFICATION OF THE BOUNDARY BETWEEN SOIL AND SAPROLITE IN ARGISSOLOS BRUNO-ACINZENTADOS DERIVATED FROM SEDIMENTARY ROCKS

AUTHOR: RODRIGO DE OLIVEIRA BOMICIELI
ADVISOR: FABRÍCIO DE ARAÚJO PEDRON

Place and Date of Defense: Santa Maria, February 29th, 2012.

The Argissolos (Ultisols and Alfisols) derived from sedimentary rocks occur in the region of Central Depression of the Rio Grande do Sul state, over siltstones and sandstones in the soft wavy reliefs. These soils are predominantly shallow, which gives greater importance to its deep layers. These layers have often been inadequately described in the fields due to the difficulty in interpreting the contact between the soil and saprolite. Moreover, the horizon/layer C has been the subject of disagreement among researchers as yet be considered either saprolite and soil. In this sense, the objective of this study was to analyze different profiles of Argissolos derived from sedimentary material of the the Sanga do Cabral and Santa Maria - Member Alemoa formations, located between the Santa Maria and Sao Pedro do Sul town. This research focused on a morphological, a physical and chemical characteristics of the soils profiles. The results showed two situations: the C is a horizon that has a development showing strong evidence of pedogenesis, with morphology, physical and chemical behavior similar to the Bt horizon, and C is a transition layer between the saprolite (Cr) and soil (Bt), independent of both, but with the possibility of interconnections with them.

Keywords: Ultisols, morphology, structure, color, saprolite, sediment material.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Caracterização geológica	14
2.1.1. Formação Sanga do Cabral.....	14
2.1.2. Formação Santa Maria – Membro Alemoa.....	15
2.2. Distribuição dos solos na paisagem	16
2.4. Caracterização dos Argissolos	17
2.5. Caracterização do horizonte B	17
2.6. Caracterização do horizonte/camada C e camada Cr	18
3. HIPÓTESES	21
4. OBJETIVOS	22
4.1. Objetivo geral.....	22
4.2. Objetivos específicos.....	22
5. MATERIAL E MÉTODOS	23
5.1. Localização e caracterização ambiental dos pontos amostrais.....	23
5.2. Análise morfológica e taxonômica.....	24
5.3. Análises físicas.....	24
5.3.1. Granulometria da fração TFSA.....	24
5.3.2. Granulometria da fração grosseira.....	25
5.3.3. Análise de agregados.....	25
5.3.4. Condutividade hidráulica saturada.....	26
5.3.5. Resistência à penetração.....	27
5.3.6. Volume e tamanho de material residual.....	28
5.4. Análises Químicas.....	29
5.4.1. Química básica.....	29
5.4.2. Dissoluções químicas.....	29
5.4.2.1. Dissolução de ferro.....	29
5.4.2.2. Dissolução de potássio.....	30
5.5. Teste de médias – Tukey.....	31
6. RESULTADOS	32
7. DISCUSSÃO	43

8. CONCLUSÕES.....	52
9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	53
10. ANEXO A – DESCRIÇÃO MORFOLOGICA	58

1. INTRODUÇÃO

Os Argissolos são de grande importância na região da Depressão Periférica, devido a sua expressiva participação na paisagem e pelos mais variados usos que lhes são conferidos. Além disso, boa parte desses solos encontra-se sobre aquífero, sendo eles um filtro entre o meio externo e este. Em grande parte dos casos a sua utilização se dá de maneira equivocada, representando, desta forma, uma fonte potencial de contaminação deste reservatório subterrâneo. Sendo assim, é de fundamental importância melhor compreendê-los, sua mineralogia, reatividade, evolução e frente de intemperismo (transição/contato entre o solo e o saprolito), assim como sua capacidade de filtrar a água e reter possíveis poluentes.

A profundidade efetiva nos solos para sua exploração, principalmente agrícola, toma maior importância à medida que ela diminui, aproximando o saprolito e a rocha da superfície. Segundo Pedron et al. (2009) a sequência de horizontes e a profundidade efetiva são características morfológicas que podem influenciar o potencial de uso do solo. Assim solos mais rasos tendem a apresentar maiores limitações ao seu uso, requerendo um conhecimento mais apurado e técnicas específicas de manejo.

A profundidade em Argissolos não é, de maneira geral, um fator limitante para a maioria dos usos que lhes são atribuídos. Os Argissolos são solos geralmente profundos, ultrapassando 150 cm, e, quando oriundos de material de origem sedimentar, essa espessura pode ser ainda superior dependendo de condições de relevo e clima favoráveis (BRASIL, 1973; STRECK et al., 2008).

Nos Argissolos Bruno-Acinzentados esse desenvolvimento vertical é bem mais modesto atingindo valores ao redor dos 100 cm para o solum (EMBRAPA, 2006). Dessa forma a zona de transição entre o solo e o saprolito, assim como o tipo de contato existente, seu fraturamento e espessura, passam a exercer uma maior importância. Em casos onde o material de origem se caracteriza como aquífero, como nos arenitos, a menor espessura do solum pode configurar uma situação de maior fragilidade do aquífero, exigindo manejo adequado para evitar danos ambientais.

Contudo, os dois principais manuais de campo utilizados para descrição morfológica de solos (SANTOS et al. 2005; SCHOENEBERGER et al., 2002) não apresentam, de forma clara, procedimentos para a identificação do limite entre solo

e saprolito. Esta dificuldade enfrentada pelos técnicos pode acarretar em descrição incorreta, ou mesmo, incompleta, alterando o potencial de uso das terras (OLIVEIRA, 2005).

Alguns trabalhos buscaram elucidar a morfologia do limite entre o solo e o saprolito, no entanto, ainda existem pontos não esclarecidos. Os trabalhos publicados por Lietzke & Weber (1981), Stolt et al. (1991, 1992), Stolt & Baker (1994), apontam para o horizonte C como parte do saprolito. Já os trabalhos publicados por Pedron et al. (2009, 2010, 2011) classificam o horizonte C como parte do solo. Além disso, estes últimos autores trabalharam apenas com Neossolos, onde a configuração de horizontes e camadas no perfil é diferente dos solos mais desenvolvidos. Os trabalhos já publicados configuram um quadro com diferentes idéias e propostas, tornando o entendimento e uso dos conceitos e definições confuso.

De modo geral, quanto menor a espessura do solum menor é o seu potencial de uso. Em outras palavras, quanto mais próxima da superfície a camada saprolítica aparecer, maiores serão as limitações de uso, principalmente, para produção vegetal, devido à maior resistência a penetração de raízes e ao menor armazenamento e disponibilidade de água e nutrientes. A questão é que trabalhos de Pedron et al. (2009, 2010) apontam para uma situação diferente, onde a camada saprolítica apresentou maior retenção e disponibilidade de água, quando comparada com os horizontes do solum, tanto em rocha sedimentar, quanto vulcânica.

Fica evidente a demanda por informações claras sobre a zona de transição entre o solo e o saprolito para solos desenvolvidos, mas ainda relativamente rasos, como os Argissolos Bruno-Acinzentados da Depressão Periférica do RS. Estas informações podem contribuir no entendimento da evolução genética do perfil, no levantamento e classificação adequados dos perfis de solo e na seleção de práticas de manejo mais adequadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização geológica

A Bacia do Paraná comporta várias Formações sedimentares, dentre elas, na porção gaúcha, ocorrem a Formação Sanga do Cabral e Formação Santa Maria, do Grupo Rosário do Sul. Elas possuem características distintas como, por exemplo, a primeira é composta por uma espessa sucessão, de arenitos, flúvio-eólicos com até 500 m de espessura, como verificado pelo poço de Alegrete (MILANI et al., 2007). Já o Membro Alemoa da Formação Santa Maria, bem mais modesto, atinge os 70 metros em alguns pontos e possui uma constituição quase homogênea de siltitos argilosos vermelhos, com concreções e veios de carbonatos (MACHADO, 2005).

2.1.1. Formação Sanga do Cabral

A Formação Sanga do Cabral, possui uma constituição essencialmente de arenitos finos a muito finos de origem fluvial, porção essa que chega aos 80% (ZERFASS, 1998). Ainda, segundo Machado (2005), os arenitos são subarcosianos ou arcosianos (com até 30% de feldspatos).

As acumulações rudíticas, com formas lenticulares, estão representadas por buchas e conglomerados intraformacionais, preferentemente na base da unidade e por algumas concentrações de grânulos e seixos (diâmetro de até 5 cm) (ZERFASS, 1998). As rochas pelíticas, siltitos e raros argilitos, podem ser maciços ou ter laminação paralela, nítida ou pouco definida, ou mais raramente marcas de onda (MACHADO, 2005).

Os arenitos possuem matriz argilosa e classificam-se como litarenitos e arcóseos (ZERFASS, 1998). As cores são muito variadas, com tonalidades que percorrem desde o laranja-avermelhado, castanho claro até o vermelho. Da mesma forma as estruturas são variadas destacando-se a laminação plano-paralela com lineação por corrente e as estratificações cruzadas acanaladas e planares. Já em algumas regiões, especialmente no centro do Estado, existe grande número de camadas delgadas de conglomerados muito endurecidos, na maioria das vezes, cimentados por calcita, atingindo até 30 cm de espessura, o que facilita sua identificação (MACHADO, 2005).

Em afloramentos, pode-se identificar esta Formação através do surgimento de figuras geométricas arredondadas que se assemelham a almofadas, pelos arenitos muito finos a finos. Outra característica hidroestratigráfica desta Formação é observada pela predominância de arenitos finos e cimentados, o que a qualifica como aquitardo¹ ou aquioclude não podendo ser considerada um aquífero (MACHADO, 2005).

A constituição e a cimentação características dessa Formação favorecem a ocorrência de solos mais rasos que, aliada ao relevo suave ondulado acabam por dificultar a saída da água do perfil o que favorece a formação de tipos característicos de solo como Plintossolos, por exemplo.

2.1.2. Formação Santa Maria – Membro Alemoa

O Membro Alemoa, Facie superior da Formação Santa Maria, é constituído basicamente por siltitos argilosos vermelhos (MACHADO, 2005) e rosa-avermelhados de origem lacustre, maciços ou pobremente laminados, apresentando concreções carbonáticas do tipo calcretes² (SARTORI, 2009). O Membro Alemoa por possuir uma composição litológica, predominantemente pelítica³, tem redução drástica de sua permeabilidade não permitindo acúmulo de reservas de águas subterrâneas, dificultando o seu fluxo, tratando-se mais propriamente de um aquioclude.

O relevo característico, ondulado a suave ondulado, onde ocorre essa Formação aliado a dificuldade de drenagem oriunda de sua composição favorecem a formação de solos com cores brunadas e profundidade reduzida como os Argissolos Bruno-Acinzentados.

2.2. Distribuição dos solos na paisagem

¹Rochas que apesar de terem uma grande porosidade, possuem uma permeabilidade baixa não permitindo que a água flua em seu meio. Elas se comportam como um meio impermeável. Um aquioclude apesar de armazenar água não pode ser chamado de [aquiífero](#).

²Camada endurecida rica em cálcio. É formado em materiais calcários como resultado de flutuações climáticas em regiões áridas e semi-áridas formado principalmente pela dissolução da Calcita que preenche os espaços intersticiais do material formando uma crosta impermeável e endurecida.

³Designativo das rochas cujos grãos são indistintos a olhos desarmados, porque resultam do endurecimento de massas lodosas.

O maior ou menor desenvolvimento dos solos de uma determinada região ocorre devido a diversos fatores, dos quais podemos destacar o clima, tanto atual quanto pretérito, o relevo e o material de origem. Assim quando esses fatores conjugam para um mesmo vértice temos solos profundos, bem desenvolvidos. Do contrário, onde um deles oferecer resistência, os solos poderão apresentar um desenvolvimento incipiente.

Segundo Brasil (1973), a distribuição dos solos na paisagem é influenciada, principalmente, pelo relevo, o qual atua na diversidade do regime hídrico, diferenciando os solos pela quantidade de água que percola no perfil (drenagem). Os solos que ocorrem na região da Depressão Central gaúcha apresentam forte influência das condições do relevo local. A geomorfologia suave ondulada predominante na área favorece a formação de solos mais profundos, com forte influência também do seu material de origem.

Em toda a extensão da Depressão, recoberta, principalmente, por campos, vegetação rasteira, existem algumas variações na paisagem, entretanto, a sua conformação, de maneira geral, pode ser resumida em dois compartimentos geomórficos principais: coxilhas e várzeas. Nessas áreas ocorrem várias classes de solos, como os Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelhos-Amarelos, nas porções bem drenadas, os Argissolos Amarelos, Argissolos Bruno-Acinzentados e Plintossolos nas porções imperfeitamente drenadas. Nas várzeas predominam solos hidromórficos como os Planossolos Háplicos e Gleissolos Háplicos (STRECK et al., 2008, DALMOLIN & PEDRON, 2004).

De modo geral, existem duas situações geomorfológicas nas áreas de coxilhas. Quando a coxilha for formada por rocha de textura grosseira, como os arenitos, os solos predominantes serão aqueles bem drenados, como os Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos. Quando a coxilha for formada por rocha de textura mais fina, os solos dominantes são aqueles de drenagem imperfeita como os Argissolos Amarelos, Bruno-Acinzentados e os Plintossolos. Rochas de granulometria mais fina apresentam menor permeabilidade, retendo água por mais tempo, promovendo um ambiente de redução temporário. Nestas condições predominam solos úmidos e com perfil pouco espesso.

2.4. Caracterização dos Argissolos

Segundo a EMBRAPA (2006) os Argissolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B. No caso de apresentar um horizonte plíntico, não satisfaz os critérios para Plintossolo e um horizonte glei, não satisfaz os critérios para Gleissolo.

Os Argissolos Bruno-Acinzentados (PBAC) são uma variante, onde, para serem enquadrados nesta subordem esses solos devem apresentar a parte superior do horizonte B (inclusive BA) pouco mais escurecida (bruno-escuro ou bruno-avermelhado-escuro). Os sub horizontes inferiores devem apresentar matiz 5YR ou mais amarelo, valor 3 a 4 e croma menor ou igual a 4 e espessura do solum normalmente entre 60 e 100cm (EMBRAPA, 2006).

As cores bruno-acinzentadas indicam solos com problemas de drenagem, se mantendo assim saturados por determinados períodos do ano, o que pode ser prejudicial para algumas espécies de plantas. Normalmente limitações de drenagem se pronunciam mais evidentes quando há uma limitação no perfil, no caso desses solos isso ocorre pelo incremento de argila e redução da porosidade em subsuperfície, que dificulta a drenagem do excesso de umidade. Esses solos possuem um regolito pouco espesso o que confere maior importância ao saprolito e a transição solo-saprolito.

2.5. Caracterização do horizonte B

O horizonte B é um horizonte mineral que representa a máxima expressão de desenvolvimento pedogenético do solo. Esta pedogênese intensa é caracterizada principalmente pela cor e estrutura. Este horizonte aparece logo abaixo do horizonte A ou E, podendo apresentar acumulações de argila eluviada dos horizontes superiores recebendo a denominação de Bt (EMBRAPA, 2006).

Apresenta estrutura bem desenvolvida em blocos angulares e subangulares podendo apresentar ainda estruturas colunares e prismáticas conjugadas com as anteriores (SANTOS et al., 2005), o que caracteriza intenso processo pedogenético.

Pode mostrar, ainda, cerosidade decorrente da iluviação de argila revestindo poros e agregados, que quando presente é perceptível pelo brilho graxo e aspecto lustroso.

2.6. Caracterização do C e Cr

A porção do perfil denominada de “C” apresenta, na literatura, uma grande discordância em relação à sua concepção e caracterização. O Soil Survey Staff (1951) define essa porção como material inconsolidado, pouco afetada pela pedogênese e influenciada pelos organismos, apresentando características físicas, químicas e mineralógicas distintas a partir das quais uma porção do solum subjacente se desenvolveu, além de uma resistência fraca a moderada à escavação, caracterizando um saprolito em estágio avançado de decomposição.

Stolt et al. (1991) alertam para a dificuldade de se determinar a transição do domínio das propriedades pedogenéticas para as geogenéticas. Mas de maneira geral, consideram que o “C” representa um material com características mais evidentes de saprolito, mesmo que em estágio avançado de alteração. Entretanto, Stolt et al. (1993) estudando a relação solo-paisagem na Virginia - EUA destacam que dentre os horizontes do solo o C apresenta maior variabilidade devido aos diferentes estágios de alteração que ele pode ser encontrado, tanto como um saprolito estruturado, como de um saprolito em estágio final de alteração com estrutura mais desenvolvida, se aproximando mais das características do solo.

Segundo Cleaves (1974), o C pode ser oriundo de um saprolito em um segundo estágio de alteração que não guardaria mais a estrutura da rocha, caracterizando uma camada de transição entre o solo e o saprolito. Nesse caso as diferenças encontradas desse material para com o solo foram as microestruturas em blocos subangulares que caracterizaram o horizonte Bt (solo) e não foram encontradas no C, da mesma forma diferenciou-se da camada Cr devido ao saprolito possuir uma textura e estrutura mais próxima da rocha que o originou.

Lietzke & Weber (1981) concordam com Cleaves (1974) e de maneira breve definem “C” como o material de origem alterado (saprolito) e o Cr como sendo um saprolito em estágio menos avançado de intemperização, se aproximando mais da rocha.

Já Pedron et al. (2009) trabalhando com Nossolos Litólicos e Regolíticos classificaram o C como um horizonte integrante do solo, por ali já predominarem

aspectos morfológicos que caracterizam pedogênese, como estrutura, mesmo que incipiente. Esta pedogênese incipiente os diferenciam do saprolito, que mantém a estrutura da rocha de origem.

Neste estudo será adotado, inicialmente, as mesmas proposições de Pedron et al. (2009) para essa porção do perfil, sendo então, denominado horizonte C.

A camada Cr se caracteriza por apresentar estrutura da rocha e poder ser escavada manualmente por uma pá reta (pá de corte) por apresentar resistência compatível à escavação, sendo denominada de saprolito (PEDRON et al., 2009).

Por definição, saprolito é o produto da decomposição da rocha na qual sua textura e estrutura são preservadas (BECKER, 1895). Cleaves (1974) dividiu saprolito em dois tipos: maciço e estruturados. Saprolito maciço não mostra a estrutura da rocha na área, e é a transição entre o solo e saprolito estruturado. Pavich (1986), por outro lado, dividiu o perfil de intemperismo em solo, saprolito maciço e estruturado, e rocha alterada, detalhando ainda mais o processo de alteração do perfil.

Duas etapas ocorrem durante a formação do saprolito. O passo inicial é a transformação dos minerais facilmente alteráveis da rocha em formas secundárias, resultando em rocha alterada. Isso é seguido por oxidação de Fe, posterior redução do pH, e continuada lixiviação de bases e dessilicação (COSTA E CLEAVES, 1984; CALVERT et al., 1980a).

O intemperismo químico de rochas e saprolitos é um processo isovolumétrico que resulta em um meio poroso devido a grande perda de massa (COSTA & CLEAVES, 1984). Segundo Costa & Cleaves (1984) e Pavich (1986) a quantidade de massa perdida durante a formação do saprolito variam entre 20 e 60% dependendo do material de origem, onde os menores valores são encontrados em material xistoso e os maiores em rochas máficas. Corroborando com isso, Gardner et al. (1978) relataram uma mudança na densidade do solo de $2,75 \text{ g cm}^{-3}$ para $2,10 \text{ g cm}^{-3}$ no granito durante intemperismo inicial, e uma outra perda de 24% da massa durante a segunda etapa da formação dos saprolitos. Já Cleaves et al. (1970) estudaram os processos físicos e químicos que ocorrem em um sistema de bacia fechada e constataram que a dissolução química do material pela água subterrânea resultou numa eficiência de até cinco vezes mais perda de massa do que através da erosão mecânica.

No Brasil, poucos estudos foram dispendidos com o saprolito. Por ter uma importância não apenas agrônômica (classificação do solo, circulação de água e penetração de raízes), mas também geotécnica e ambiental, este tema deveria receber maior atenção. Verdade essa que se configura com a sugestão de Lietzke & Weber (1981) de incluí-lo como parte integrante do solo.

Estudos realizados por Pedron et al. (2009, 2010 e 2011) sobre o contato entre solo, saprolito e rocha em Neossolos Litólicos e Regolíticos mostraram haver um contato abrupto que pode ser identificado no campo através da morfologia do perfil. Entretanto, em solos mais desenvolvidos parece haver uma zona de transição diferente dos solos rasos, onde se torna difícil a interpretação do limite entre solo e saprolito.

As definições dessas duas porções do perfil (C e Cr) adotadas inicialmente neste trabalho são contraditórias, embora recebam o mesmo símbolo em sua designação (C). É aceito pela comunidade científica que um horizonte se caracteriza pelos processos pedogenéticos, enquanto uma camada se caracteriza pela geogênese. Neste caso, se o C for considerado horizonte e o Cr uma camada, a designação “C” torna-se incoerente. No entanto, diversos trabalhos fazem uso desta designação (Santos et al., 2005; Embrapa. 2006; Pedron et al. 2009, 2010 e 2011) enquanto outros ainda denominam o C de horizonte e o consideram saprolito (Lietzke & Weber, 1981; Stolt et al., 1993; Santos et al., 2005), o que também é uma incoerência.

3. HIPÓTESES

O solo e o saprolito oriundos de material sedimentar apresentam comportamento morfológico, físico e químico diferente, os quais permitem a identificação dos seus limites;

A transição entre o solo e o saprolito ocorre pelo predomínio de processos pedogenéticos, no primeiro, e podem ser caracterizados através de variáveis morfológicas no campo;

Nos perfis de Argissolos Bruno-Acinzentados derivados de material sedimentar o limite entre o solo e o saprolito ocorre tanto via contato, quanto por uma zona de transição, a qual pode ser denominada de horizonte/camada C e apresenta comportamento intermediário entre o solo e o saprolito.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral

Identificar o contato e/ou zona de transição entre o solo e o saprolito, em perfis de Argissolos Bruno-Acinzentados derivados de material sedimentar, na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

4.2. Objetivos específicos

Separar o contato e/ou zona de transição entre o solo e o saprolito e compreender seu comportamento morfológico e físico-químico;

Caracterizar essa zona de transição e os processos genéticos predominantes neste local;

Verificar o comportamento do horizonte/camada C e determinar sua natureza pedogênica ou geogênica;

Verificar quais variáveis pedológicas são mais eficientes na indicação a campo do contato/transição entre solo e saprolito em perfis de Argissolos Bruno-Acinzentados sedimentares.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização e caracterização ambiental dos pontos amostrais

A área onde foi desenvolvido este estudo encontra-se localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul (RS), na borda meridional da Bacia do Paraná, nos municípios de São Pedro do Sul e Santa Maria (Figura 1). A altitude na área de estudo varia de 132 a 160 metros, com relevo predominantemente suave ondulado a ondulado, e geologia sedimentar das Formações Sanga do Cabral e Santa Maria - Membro Alemoa (SARTORI, 2009). O clima é do tipo subtropical úmido sem estiagem definida, com precipitação média anual de 1708 mm, temperatura média anual de 19,2 °C e temperatura média do mês mais frio de 13,8 °C (MALUF, 2000), classificado segundo Köppen como Cfa.

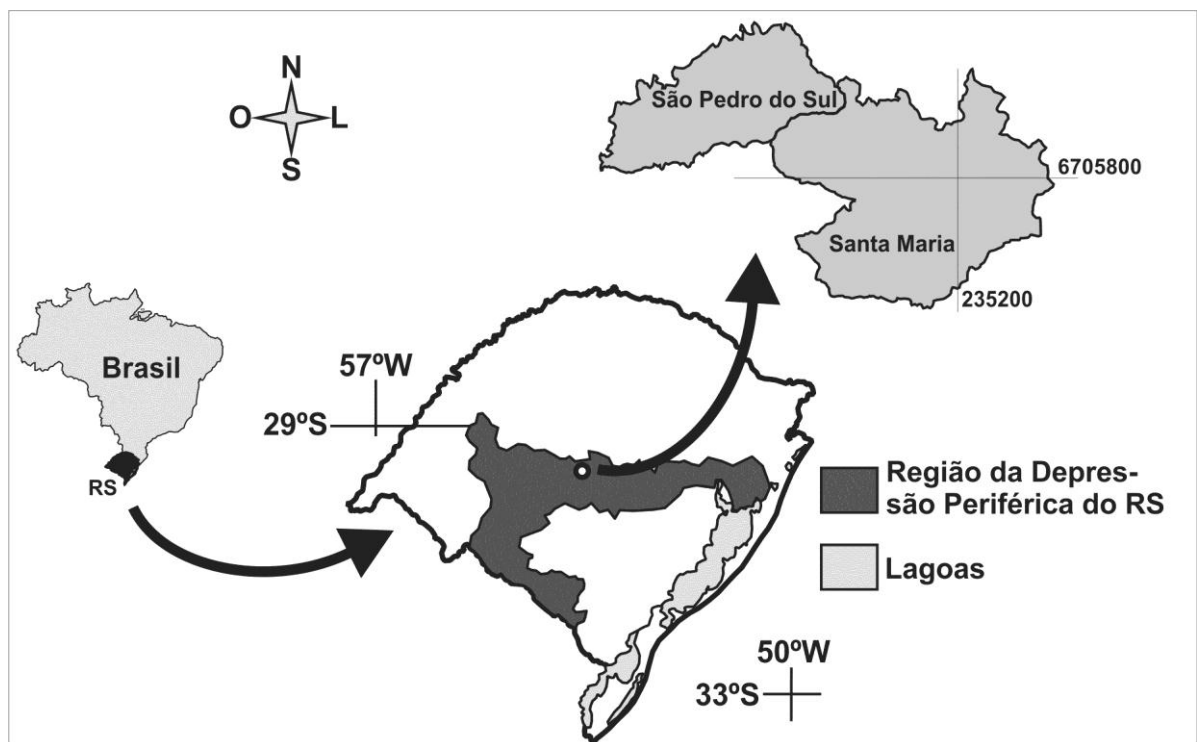


Figura 1. Localização da região de coleta dos perfis de Argissolos Bruno-Acinzentados.

Foram analisados seis (6) conjuntos regolíticos (solo + saprolito) de Argissolos Bruno-Acinzentados e seus materiais geológicos, dispostos em um

transeto, na direção oeste-leste nos municípios de São Pedro do Sul e Santa Maria, sendo identificados, respectivamente, como P1, P2, P3, P4, P5 e P6. Os pontos amostrais acompanharam a rodovia BR 287. Nestes perfis, foram efetuadas análises morfológicas, físicas e químicas com o objetivo de identificar a transição/contato entre o solo e o saprolito.

5.2. Análise morfológica e taxonômica

As características ambientais e morfológicas dos perfis analisados, tais como: informações da paisagem, textura, cor pela caderneta de Munsell, sequência de horizontes e camadas, profundidades, estrutura, consistência, transição entre horizontes e camadas e presença de raízes foram avaliadas seguindo as orientações sugeridas por Santos et al. (2005).

A identificação dos contatos/transições entre solo e saprolito foi efetuada, inicialmente, no campo, através da observação da estrutura, cor e volume de material de origem alterado. Posteriormente estes dados de campo foram comparados com os dados de laboratório para a definição final dos horizontes e camadas existentes nos perfis.

A definição e designação de horizontes e camadas adotados neste trabalho seguiu, inicialmente, aquela apresentada por Pedron et al. (2009 e 2010). Estes autores consideram que o “horizonte” C é definido quando, predominam neste, a estrutura do solo e, a “camada” Cr, quando mantém a estrutura da rocha, mas pode ser escavada com uma pá (SANTOS et al. 2005). Posteriormente, estas designações foram analisadas conjuntamente com os dados morfológicos, físicos e químicos, para verificar sua adequabilidade.

Os perfis foram classificados no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos conforme Embrapa (2006).

5.3. Análises físicas

5.3.1. Granulometria da fração TFSA

A composição granulométrica total da fração Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) foi determinada pelo método da pipeta, conforme Embrapa (1997). Esse método

baseia-se na dispersão química da amostra com solução de NaOH 1 mol L⁻¹, e dispersão física através de agitação. A fração areia foi separada por tamisamento úmido e a fração argila pela velocidade de sedimentação considerando-se a lei de Stokes. A fração silte foi determinada pela diferença das massas de areia e argila do total. Os teores de argila dispersa em água foram obtidos pelo mesmo método, mas sem o uso do dispersante químico (EMBRAPA, 1997).

5.3.2. Granulometria da fração grosseira

A composição granulométrica da fração grosseira, aquela com tamanho superior a 2 mm, foi obtida pela coleta de material na parede do perfil com o auxílio de uma faca e um coletor, com três repetições por horizonte ou camada. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, secas a 45°C em estufa com circulação forçada de ar, e separadas nas classes granulométricas por tamisamento seco.

Também foram estimadas, no campo, a fração de resíduos de saprolitos nos horizontes C e Bt. Esta estimativa foi realizada com base nos quadros utilizados para estimativa de mosqueados no campo, encontrados em Santos et al. (2005) e Schoeneberger et al., (2002).

5.3.3. Análise de agregados

Para essa análise foram coletados blocos de solo em cada horizonte e camada dos seis perfis. As frações dos agregados necessárias ao procedimento foram obtidas em laboratório seguindo-se para isso e para as análises subsequentes a metodologia proposta por Kemper & Chepil (1965). Para as duas estabilidades de agregados, estáveis em água e a seco, usou-se a fração de agregados que passou na peneira de 8 mm e ficaram retidas na peneira de 4,76 mm. A amostra tinha peso de 150 g, sendo que deste usaram-se 3 sub-amostras de 25 g para determinar a umidade e 3 sub-amostras também de 25 g para determinação da resistência em aparelho de oscilação vertical.

As frações que permaneceram nas peneiras foram coletadas e colocadas em recipientes de alumínio com peso conhecido, sendo levadas a estufa à 105°C por 24 horas para secagem e posterior pesagem em balança de precisão.

Foram calculados: o diâmetro médio geométrico (DMG) (1), o diâmetro médio ponderado (DMP) (2), a porcentagem de agregados estáveis >2,00 mm (AGRI) (3) e o índice de estabilidade de agregados da classe (IEA) (4). O DMP e o IEA foram obtidos segundo fórmulas propostas por Castro Filho et al. (1998), e o IEA foi adaptado por Perin (2002). O DMG foi calculado segundo Schaller & Stockinger (1953).

As equações utilizadas foram as seguintes:

$$DMG = \text{antilog} \sum(n \log d) / \sum n \quad (1)$$

$$DMP = \sum_{i=1}^N (w_i d) \quad (2)$$

$$AGRI = \left(\frac{w_{i>2}}{P_s} \right) * 100 \quad (3)$$

$$IEA = (P_s - w_{p0,105} - \text{areia}) / (P_s - \text{areia}) * 100 \quad (4)$$

em que **n** é a porcentagem de agregados nas diversas classes de peneiras; **d** é o valor médio dos limites, superior e inferior, de cada classe (mm); **w_i** é a proporção de cada classe, em relação ao total (g); **w_{i>2}** representa a proporção de agregados >2,00 mm; **P_s** é a massa da amostra seca (g) e **w_{p0,105}** é a massa dos agregados da classe <0,105 mm (g).

5.3.4. Condutividade hidráulica saturada

Essa análise foi conduzida conforme instruções da Embrapa (1997). Foram coletados 8 cilindros com amostras indeformadas por horizonte e camada. As amostras foram saturadas por capilaridade por 24 horas e colocadas em permeâmetro de carga constante, e a medida quantitativa da condutividade hidráulica foi obtida através da aplicação da equação de Darcy (5) após 7 – 8 horas, ou quando os valores atingiram a estabilidade.

Equação de Darcy:

(5)

$$Ks = \frac{Q * L}{A * h * t}$$

Onde:

Ks = condutividade hidráulica saturada (cm h^{-1})

Q = volume percolado após a estabilização do fluxo (ml)

L = altura do bloco de solo (cm)

h = altura do bloco de solo e da coluna d'água (cm)

A = área do cilindro (cm^2)

t = tempo (h)

5.3.5. Resistência à penetração

A resistência à penetração foi determinada nos horizontes e camadas através de um penetrômetro de impacto com ponteira cônica apresentando ângulo de 30° , seguindo-se as recomendações de Stolf (1991).

O procedimento padrão para essa análise foi a seguinte: primeiramente realizou-se a limpeza e nivelamento de uma área de $0,25\text{m}^2$ ($0,5 \times 0,5\text{m}$) de cada horizonte/camada com uma pá de corte, optando-se por realizar os testes sempre no meio de cada horizonte/camada. Após procedeu-se a realização do teste tendo o cuidado de manter o equipamento sempre na vertical em relação ao plano do solo. Foram realizadas 5 repetições por horizonte/camada, sendo anotado o número de pancadas necessárias para penetrar 10cm de haste.

A transformação dos valores da penetração da haste do aparelho no solo (cm/impacto) em resistência à penetração (Kgf.cm^{-2} ou MPa) foi obtida pela fórmula dos "holandeses" (6), segundo Stolf (1991), conforme a seguinte equação:

$$R(\text{kgf cm}^{-2}) = \frac{(M+m)*g}{A} + \frac{f*M*g*h}{x*A} * N \quad (6)$$

Onde:

R = resistência à penetração (kgf cm^{-2});

m = massa do embolo (kg);

M = massa do aparelho sem o embolo (kg);

h = altura de queda do embolo (m);

x = profundidade de penetração da haste do aparelho (cm);

A = área do cone (cm^2);

g = aceleração da gravidade;

N = nº de pancadas para atingir x ;

f = relação da massa do êmbolo com a massa do aparelho mais o êmbolo ($M/M+m$).

O penetrômetro usado apresentava as seguintes características: $M=1,695$ kg; $m= 2,639$ kg; $A= 1,430663$ cm^2 . Considerando um $h= 40$ cm e $x= 10$ cm, além de $g= 9,81$ m/s^2 . Com esses valores obteve-se a seguinte equação (7) reduzida:

$$RP (\text{kgf cm}^{-2}) = 3,029 + 1,853N \quad (7)$$

A conversão dos valores em kgf cm^{-2} para MPa foi realizada através da seguinte equação (8):

$$RP (\text{MPa}) = RP (\text{kgf cm}^{-2}) * Fc \quad (8)$$

Onde:

RP = Resistência à penetração;

$Fc = 0,0980665$; fator de conversão para MPa (STOLF, 1991).

5.4. Análises Químicas

5.4.1. Química básica

Após a coleta, as amostras de solo e saprolito foram secas, destorroadas e peneiradas (peneira com malha de 2 mm) obtendo-se a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) para realização das análises (Quadro 6 e Anexo A). O pH em água foi

determinado utilizando a relação 1:2,5. Os teores de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica após extração com cloreto de potássio (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, assim como o sódio (Na^{+}) (Anexo A). A acidez potencial ($\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$) foi determinada em extrato de acetato de cálcio ($\text{Ca}(\text{OAc})_2$) $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 e titulado 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 dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ e titulado com sulfato ferroso ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ utilizando difenilamina como indicador. Essas análises seguem a metodologia preconizada por Embrapa (1997). A partir dos dados analíticos foi calculada a capacidade de troca de cátions efetiva ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^{+} + \text{Al}^{+3}$) e CTC a pH 7,0 ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^{+} + \text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$), a saturação por alumínio ($\text{Al} \cdot 100 / \text{S} + \text{Al}$) e a saturação por bases ($\text{S} \cdot 100 / \text{CTC}_{\text{pH}7}$) (Anexo A).

5.4.2. Dissoluções químicas

5.4.2.1. Dissolução de ferro

As dissoluções químicas necessárias para se conhecer os teores de ferro (Fe), foram realizadas conforme recomendações da Embrapa (1997). Para se obter os teores desses elementos foram realizadas 3 dissoluções em três amostras distintas. A primeira pelo método do citrato-ditionito-bicarbonato (CDB), onde a amostra é aquecida em uma solução complexante tamponada de citrato/bicarbonato, a qual é adicionada ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) em pó como agente redutor.

A segunda dissolução foi realizada pelo método do oxalato ácido de amônio que se baseia na afinidade do oxalato em meio ácido para a formação de complexos coloidais após a dissolução dos óxidos e oxi-hidróxidos amorfos do solo (EMBRAPA, 1997).

A terceira dissolução foi feita pelo ataque sulfúrico, onde a dissolução da amostra com H_2SO_4 1:1 permite a solubilização quase completa de teores de Fe no solo. O método consiste no tratamento da amostra com H_2SO_4 1:1 sob refluxo com

fervura em bloco digestor e posterior determinação dos teores de Fe com espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 1997).

5.4.2.2. Dissolução do potássio

Para se conhecer os teores de potássio (K^+) dos perfis utilizou-se a extração desse elemento na fração terra fina seca ao ar (TFSA) proposta por Jackson et al. (1986).

Para estimar os teores de K trocável no solo, utilizou-se o extrator de Mehlich-1 (HCl 0,05 N + H_2SO_4 0,025 N). Para isso foram pesadas 3g de TFSA, em balança de precisão, e transferida para “snapcap” adicionando-se 30 ml dessa solução e agitando-se por 5 min em agitador horizontal e deixando descansar por 16 horas. Após coleta-se 10 ml do sobrenadante para determinação desse elemento.

Já a extração de K não-trocável foi realizada pelo método do HNO_3 1,0 N fervente (PRATT, 1965) com adaptações propostas por Steiner (2010), Melo et al. (2000) e Martins et al. (2004), em béquer de vidro de 100 ml e placa de aquecimento de aço. Foram pesados 0,2 g TFSA de cada camada/horizonte, colocando-se nos béqueres devidamente identificados, acrescentando-se logo em seguida 10 ml de HNO_3 1,0 mol L^{-1} . Os béqueres foram acomodados sobre a placa aquecedora parcialmente tapados com lâminas de alumínio e aquecidos à temperatura de 110 °C, permanecendo nesta temperatura, sob fervura, por 15 min. O extrato foi filtrado, em seguida, em papel de filtragem lenta tipo Whatman nº 42 e o resíduo lavado com uma solução de HNO_3 0,1 mol. L^{-1} . Finalmente o volume final foi aferido em balão volumétrico de 50 ml e em seguida determinado a concentração do elemento. A obtenção do valor final de K não-trocável foi realizada pela diferença entre o K extraído com HNO_3 1 mol L^{-1} fervente e o K trocável extraído com Mehlich-1.

As leituras de todas as extrações foram realizadas em fotômetro de chama.

5.5. Teste de médias – Tukey

Para a análise de variância, é interessante saber quais as médias, entre as várias que foram comparadas, diferem entre si ao nível de significância estipulado. Um dos vários testes que realiza essa comparação é o teste de Tukey. Este teste foi

feito comparando-se a diferença absoluta (em módulo) entre as várias médias pareadas duas a duas, a um valor (Δ), previamente calculado (MORETTIN, 2009).

O Δ é calculado da seguinte forma:

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QME}{n}} \quad (9)$$

Onde:

q = amplitude total estudentizada, valor obtido em uma tabela de dupla entrada com o grau de liberdade do resíduo e o número de tratamentos;

QME = quadrado médio do resíduo e;

n = número de observações por tratamento (repetições).

Foram consideradas significativas ao nível de significância pré-determinado de 95 % (α), aquelas diferenças entre médias cujo valor absoluto foi maior que o Δ calculado.

6. RESULTADOS

O Quadro 1 traz os dados ambientais e a classificação taxonômica dos perfis estudados. Todos os perfis foram classificados como Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico, ocorrendo variação apenas em nível de subgrupos.

Quadro 1. Dados ambientais e classificação taxonômica dos perfis de Argissolos Bruno-Acinzentados.

Perfil	Relevo	Material de origem	Uso atual	Classificação taxonômica
P1	Suave ondulado	Santa Maria-Alema	Campo nativo	PBACa abrupto
P2	Ondulado	Santa Maria-Alema	Campo nativo	PBACa típico
P3	Suave ondulado	Sanga do Cabral	Campo nativo	PBACa abrupto
P4	Suave ondulado	Sanga do Cabral	Campo nativo	PBACa abrupto
P5	Suave ondulado	Sanga do Cabral	Campo nativo	PBACa típico
P6	Suave ondulado	Sanga do Cabral	Campo nativo	PBACa típico

PBACa: Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico (EMBRAPA, 2006).

O Quadro 2 apresenta dados morfológicos levantados no campo. A sequência de horizontes/camadas não foi padrão para todos os perfis, ocorrendo horizontes E apenas nos P3 e P4, assim como alguns horizontes transicionais como o CB no P4, BC no P5 e BA no P6 (dados dos horizontes A e E não mostrados nos resultados, podendo ser encontrados no Anexo A). Os perfis apresentaram profundidade variando entre 90 e 130 cm do topo do horizonte A até a presença da camada Cr, o que demonstra serem solos pouco profundos. Em relação à cor, ocorreram variações principalmente com o incremento da profundidade passando do bruno ao vermelho. As camadas/horizontes apresentaram transição clara e abrupta, com variação horizontal de plana, irregular e ondulada.

A consistência úmida variou de firme no horizonte Bt a friável nos horizontes C e camadas Cr dos perfis derivados do Alema. Nos perfis derivados do Sanga do Cabral, a consistência úmida predominante foi de firme a friável no Bt, muito firme a extremamente firme no C e Cr. Quanto a consistência molhada, nos perfis derivados do Sanga do Cabral, predominou as condições de plástica e pegajosa para o horizonte Bt e não plástica e não pegajosa para a camada Cr.

Quadro 2. Dados morfológicos dos perfis de Argissolos Bruno-Acinzentados.

HC	Prof.	Cor úmida	Transição	Consistência		Resíduo material de origem		Cl
	Cm			Úmida	Molhada	%	Ø mm	
Perfil 1								
Bt1	15-27	10YR 3,5/3	cl e pl	f a fr	mp e mpg	8	2-8	-
Bt2	27-50	10YR 3,5/2	cl e ir	f	mp e mpg	8	2-8	-
C	50-65	10YR 4,5/3	cl e pl	f a fr	mp e mpg	15	2-12	17
C/Cr	65-100	10YR 6/1,5	cl e ir	f a fr	mp e mpg	25	2-12	17/16
Cr	100-150+	2,5YR 4/8	-	f a fr	p e pg	70	15-55	16
Perfil 2								
Bt1	20-35	7,5YR 3,5/2	cl e pl	mf a ef	mp e mpg	5	1-10	-
Bt2	35-52	7,5YR 3,5/2	cl e pl	f a fr	mp e mpg	5	1-10	-
C1	52-67	2,5YR 6,5/1	abr e pl	f	p e pg	8	1-5	17
C2	67-95	2,5YR 6,5/1	cl e pl	f	mp e mpg	10	1-10	17
Cr	95-180+	2,5YR 4/8	-	ed a f	p e pg	80	15-50	15
Perfil 3								
Bt	63-90	7,5YR 4,5/2	cl e ir	f	mp e mpg	12	1-5	-
C	90-105	7,5YR 6/1	abr e ir	f	p e pg	15	1-5	17
C/Cr	105-130	7,5YR 6/1	abr e ir	f	p e pg	23	20-100	16/15
Cr	130-170+	2,5YR 4/8	-	f	np e npg	90	50-200	15
Perfil 4								
Bt	60-90	7,5YR 3/2	cl e ond	f a fr	mp e mpg	10	1-10	-
CB	90-100	7,5YR 6/4	cl e ond	f	lp-np e lpg-npg	20	1-20	17
Cr/C	100-120	7,5YR 6/4	cl e ond	f	lp-np e lpg-npg	50	15-100	16
Cr	120-200+	2,5YR 4/8	-	f	lp-np e lpg	70	30-200	15
Perfil 5								
Bt	29-47	7,5YR 4,5/4	abr e pl	f a fr	lp e pg	5	2-8	-
BC	47-66	7,5YR 5/5	cl e pl	mf	lp e lpg	8	2-5	-
C	66-90	7,5YR 6,5/2	cl e ir	ef	lp-np e lpg	15	2-5	17
Cr1	90-112	2,5YR 4/8	cl e ir	ef	np e npg	70	10-100	15
Cr2	112-180+	2,5YR 4/8	-	ef	np e npg	85	50-200	15
Perfil 6								
Bt	53-76	7,5YR 5/4	cl e ond	f	p e pg	12	2-15	-
C	76-124	7,5YR 5/4	cl e ond	mf a ef	lp-p e lpg-pg	25	15-40	17
Cr	124-210+	2,5YR 4/8	-	mf a ef	np e npg	90	15-40	15

HC: horizontes e camadas; Prof.: Profundidade; Cl: classes de intemperismo (Pedron et al., 2010) 15: saprolito muito alterado; 16: saprolito severamente alterado; 17: saprolito completamente alterado. cl: clara; pl: plana; abr: abrupta; ir: irregular; ond: ondulada. f: firme; fr: friável; mf: muito firme; ef: extremamente firme; ed: extremamente dura. mp: muito plástico; p: plástico; lp: ligeiramente plástico; np: não plástico; mpg: muito pegajoso; pg: pegajoso; lpg: ligeiramente pegajoso; npg: não pegajoso.

A presença de nódulos vermelhos, resquícios de saprolitos em alteração, nos horizontes B e C variaram de 5 a 25%, enquanto nas camadas Cr, os valores variaram de 70 a 90%. Os tamanhos dos nódulos também aumentam em profundidade no perfil.

Esse material foi considerado como resíduo de material de origem (saprolito) por apresentar uma descoloração em sua borda, cor idêntica a do saprolito (Cr) e

por ser bastante arenoso, diferenciando-se assim de plintitas que são facilmente destacáveis da matriz do solo e possuem uma cor vermelha mais intensa, normalmente, além de que por serem formadas também por acumulações de argilas possuem uma textura mais suave.

As estruturas predominantes foram blocos angulares e subangulares nos horizontes Bt, e blocos angulares maciços característicos da estrutura geogênica nas camadas Cr (Figura 2). Os horizontes C apresentaram situação intermediária, com predomínio de blocos angulares.

O Quadro 3 apresenta os dados granulométricos dos Argissolos, mostrando um aumento das frações grosseiras em profundidade. Na maioria dos perfis a fração areia teve uma participação expressiva, com incremento conforme o aumento da profundidade, com exceção do P2.

A relação silte/argila mostrou uma redução em direção ao horizonte Bt, fato esperado devido ao maior aporte de argila nesse horizonte. Os teores de argila mais elevados ocorreram nos horizontes Bt, com decréscimo nos valores nos horizontes C e Cr. O teste de Tukey aponta para variação significativa dos dados de argila, silte e areia entre os horizontes Bt, C e camadas Cr. O mesmo acontece com os dados de argila natural e GF.

No Quadro 4 são apresentados os dados de porosidade, densidade, condutividade e resistência a penetração. Os horizontes Bt apresentaram porosidade total ao redor de 55%, com tendência de decréscimo neste valor para o horizonte C e camada Cr, onde os valores situaram-se ao redor de 45%. Todos os horizontes e camadas apresentaram maior porcentagem de microporos, os quais variaram dentro dos perfis. Já os macroporos apresentaram o mesmo comportamento da porosidade total, decrescendo em profundidade.

A densidade do solo variou de 1,36 a 1,52 g cm⁻³ nos horizontes Bt e de 1,68 a 1,81 g cm⁻³ nas camadas Cr. Nos horizontes C os valores ficaram mais próximos do horizonte Bt, como indicado pelo teste de Tukey. A Ks variou de 0,90 a 14,90 cm h⁻¹ nos horizontes Bt e de zero a 2,61 cm h⁻¹ nas camadas Cr. Assim como na densidade, o teste de Tukey indica que o horizonte C apresenta Ks intermediária, porém, mais próxima do horizonte Bt.

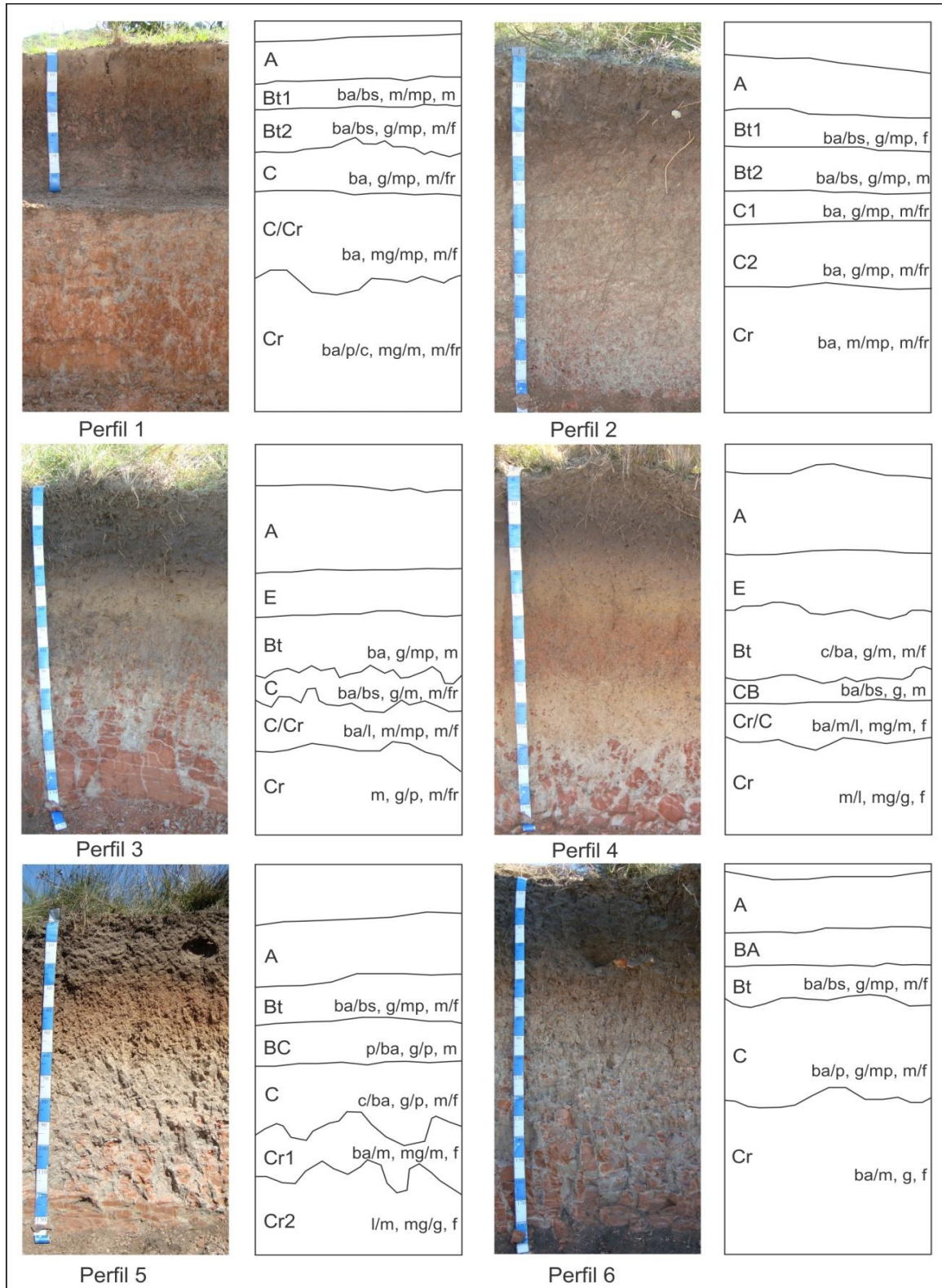


Figura 2. Perfis de Argissolos com indicações dos horizontes e camadas e estruturas dos horizontes B e C e camadas Cr. ba: blocos angulares; bs: blocos subangulares; p: prismática; c: colunar, l: laminar; m: maciça; g: grande; mg: muito grande; m: média; mp: muito pequena; p: pequena; mo: moderada; f: forte; fr: fraca.

Quadro 3. Granulometria dos perfis de Argissolos Bruno-Acinzentados.

HC	Granulometria fração total		Granulometria terra fina						
	Fração grosseira (200-2mm)	Terra Fina (<2mm)	Argila	Areia	Silte	Argila Natural	GF	Silte/ Argila	
-----			g kg ⁻¹ -----						%
Perfil 1									
Bt1	119	881	436d	418d	146a	147b	66	0,33	
Bt2	125	875	442d	367bc	191a	141b	68	0,43	
C	176	825	340c	278a	381b	181c	47	1,12	
C/Cr	223	777	275b	344b	381b	130a	53	1,38	
Cr	254	746	210a	396cd	394b	125a	40	1,87	
Perfil 2									
Bt1	105	895	336a	388d	276a	192b	43	0,82	
Bt2	98	902	516c	227c	257a	239d	54	0,50	
C1	223	777	584d	94b	322b	210c	64	0,55	
C2	205	795	475b	37a	487c	188b	60	1,03	
Cr	334	666	324a	50a	625d	154a	52	1,93	
Perfil 3									
Bt	142	858	368d	341a	290bc	131c	64	0,79	
C	149	851	242a	651c	107a	77b	68	0,44	
C/Cr	196	804	194b	465b	341c	72b	63	1,75	
Cr	375	625	48a	699d	253b	52a	56	2,35	
Perfil 4									
Bt	102	898	421c	335a	244b	116c	73	0,58	
CB	267	733	181b	484b	335d	106b	41	1,86	
Cr/C	339	661	149a	556c	295c	83a	44	1,98	
Cr	399	601	138a	662d	201a	106bc	23	1,46	
Perfil 5									
Bt	178	822	325e	109a	566d	126e	61	1,74	
BC	175	825	282d	189b	528cd	106d	62	1,87	
C	171	829	244c	272c	485bc	91c	63	1,99	
Cr1	237	763	91b	430d	479bc	62b	32	5,27	
Cr2	302	698	56a	574e	370a	42a	25	6,54	
Perfil 6									
Bt	188	812	295c	324b	382a	102b	65	1,29	
C	160	840	274b	200a	526b	92b	66	1,92	
Cr	314	686	58a	547c	396a	44a	23	6,87	

HC: horizonte ou camada; GF: grau de floculação; As letras ao lado dos valores numéricos correspondem ao teste de média Tukey com 5% de significância.

Quanto à resistência a penetração, independentemente do perfil, essa variável mostrou um crescimento em direção a camada Cr, variando de 12,66 Kgf cm⁻² no horizonte Bt₁ do P1 a mais de 47,0 Kgf cm⁻² na camada Cr₂ do P5.

Quadro 4. Porosidade, densidade, condutividade e resistência à penetração dos Argissolos Buno-Acinzentados.

HC	Porosidade			Ds	Ks	RP
	Total	Micro	Macro			
	----- % -----			g cm ⁻³	cm h ⁻¹	kgf cm ⁻²
Perfil 1						
Bt ₁	59c	36a	23c	1,36a	14,90c	12,66a
Bt ₂	55bc	42bc	13b	1,45ab	14,23c	16,00b
C	56bc	47c	9ab	1,53bc	9,20b	16,00b
C/Cr	52abc	48c	5a	1,64c	9,20b	17,85bc
Cr	46a	39ab	6a	1,81d	2,61a	20,08d
Perfil 2						
Bt1	56a	39b	17b	1,44ab	4,41cd	30,45b
Bt2	62b	47cd	15ab	1,36a	3,51bc	28,97b
C1	68c	52d	16ab	1,38a	4,98d	28,23b
C2	62b	49cd	13ab	1,53b	2,72b	23,04a
Cr	57a	45bc	12a	1,68c	1,24a	38,61c
Perfil 3						
Bt	54c	43c	11b	1,40a	2,14b	23,78b
C	58c	43c	10b	1,39a	4,07c	16,74a
C/Cr	49b	38b	11b	1,59b	3,52bc	18,22a
Cr	38a	33a	5a	1,78c	0,00a	38,98c
Perfil 4						
Bt	52c	42b	11b	1,50a	2,46c	21,56ab
CB	49c	36a	14c	1,71bc	7,60d	23,78b
C/Cr	45b	39ab	6a	1,67b	0,86b	27,49c
Cr	43ab	38ab	5a	1,74bc	0,00a	34,90d
Perfil 5						
Bt	59d	46c	13b	1,41a	3,36bc	27,49c
BC	54cd	43bc	11b	1,49a	3,89c	14,89a
C	54cd	41bc	13b	1,51a	5,46cd	22,30b
Cr1	50bc	40b	11b	1,70b	0,75ab	33,79d
Cr2	45ab	38ab	7a	1,81b	0,33a	47,50e
Perfil 6						
Bt	55b	40b	15bc	1,52a	0,90b	14,89a
C	54b	42bc	13b	1,50a	2,39c	21,56b
Cr	45a	38ab	7a	1,79b	0,00a	23,41c

HC: horizontes e camadas; DS: densidade do solo; Ks: condutividade hidráulica saturada; RP: Resistência a Penetração; As letras ao lado dos valores numéricos correspondem ao teste de média Tukey com 95% de significância.

Análise física de resistência de agregados, tanto úmido quanto seco (Quadro 5), demonstra certa tendência a uma redução do volume dos agregados maiores (>2 mm Ø) em direção ao horizonte C, e um aumento na camada Cr, onde se concentram fragmentos mais grosseiros e onde o saprolito é o material

predominante. Já os diâmetros médios geométricos e ponderados mostraram seguir uma tendência semelhante a da primeira fração de agregados.

Quadro 5. Resistência de agregados úmidos dos Argissolos Bruno-Acinzentados.

HC	Resistência de agregados								IEA
	Resistência úmida				Resistência seca				
	>2mm	<2mm	DMG	DMP	>2mm	<2mm	DMG	DMP	
-----%	-----	----- mm	-----	----- %	-----	----- mm	-----	%	
Perfil 1									
Bt1	93,15e	6,85a	3,40b	4,34b	99,02b	0,98a	4,40b	5,35b	74,1d
Bt2	88,24de	11,76b	4,34c	5,20c	96,51b	3,49b	5,05c	5,51bc	68,8bc
C	54,75a	45,25e	2,11a	3,20a	85,95a	14,05c	3,35a	4,99a	55,4a
C/Cr	64,00b	36,00d	2,54a	3,43a	88,11a	11,89c	3,69a	5,14a	69,9c
Cr	77,66c	22,34c	3,60b	4,22b	98,51b	1,49a	5,48c	5,70c	65,4b
Perfil 2									
Bt1	97,02d	2,98a	3,56b	4,29c	99,26b	0,74a	4,59b	5,40b	77,7c
Bt2	82,42c	17,58b	3,90c	4,73d	97,66b	2,34a	5,24c	5,53b	59,2a
C1	56,54a	43,46d	2,32a	3,26a	89,71a	10,29b	3,81a	5,10a	60,9a
C2	63,18a	36,82d	2,64a	3,39a	87,78a	12,22b	3,64a	5,12a	72,5b
Cr	72,06b	27,94c	3,90c	3,84b	98,49b	1,51a	5,41c	5,73c	72,1b
Perfil 3									
Bt	75,22c	24,78a	3,46c	4,38c	98,07b	1,93a	5,54b	5,83b	62,4c
C	45,34a	54,66c	1,35a	2,78a	95,21a	4,79c	4,22a	5,16a	31,9a
C/Cr	69,63b	30,37b	2,79b	4,08b	98,40b	1,60a	5,58b	5,86b	50,0b
Cr	74,93c	25,07a	2,92b	4,38c	97,61b	2,39b	5,68b	6,05c	51,3b
Perfil 4									
Bt	57,56b	42,44b	1,96b	3,37b	98,38bc	1,62b	5,75c	6,00b	34,1b
C	42,72a	57,28c	1,25a	2,80a	89,53a	10,47d	4,10a	5,55a	30,4a
C/Cr	51,92b	48,08b	1,69b	3,22b	96,36b	3,64c	5,22b	5,88ab	32,4ab
Cr	74,40c	25,60a	3,20c	4,59c	99,06c	0,94a	5,95c	6,13b	53,8c
Perfil 5									
Bt	80,97b	19,03c	3,45b	4,67b	99,65c	0,35a	4,92b	5,67a	70,2b
BC	79,44b	20,56c	3,33b	4,88b	91,18a	8,82d	4,52a	5,55a	68,8b
C	70,69a	29,31d	2,89a	4,11a	95,13b	4,87b	4,83ab	5,65a	59,8a
Cr1	84,18c	15,82b	3,91c	5,02bc	94,37b	5,63c	4,71a	5,66a	83,0c
Cr2	87,99d	12,01a	4,46d	5,41c	99,33c	0,67a	5,59c	6,16b	79,8c
Perfil 6									
Bt	62,28a	37,72c	2,09a	3,69a	98,90b	1,10a	5,66b	5,92b	36,9a
C	75,09b	24,91b	3,22b	4,51b	89,13a	10,87b	3,91a	5,45a	82,3c
Cr	86,81c	13,19a	4,23c	5,39c	99,13b	0,87a	5,98b	6,16b	70,8b

HC: horizonte ou camada; DMG: Diâmetro Médio Geométrico; DMP: Diâmetro Médio Ponderado; IEA: Índice de Estabilidade de Agregados; As letras ao lado dos valores numéricos correspondem ao teste de média Tukey com 95% de significância.

O Quadro 6 apresenta os dados de química básica. Verifica-se que o pH, os cátions básicos e a atividade da argila apresentam uma tendência de crescimento

em direção a camada Cr, e o contrário ocorre com o Al^{3+} e o $H+Al^{3+}$ e o carbono orgânico que diminuem drasticamente seus valores com o aumento da profundidade, fato esse verificado em todos os perfis estudados.

Quadro 6. Dados de química básica dos Argissolos Bruno-Acinzentados.

HC	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al ³⁺	CTC _{pH7,0}	T argila	C.org.
		----- cmol _c kg ⁻¹ -----						
Perfil 1								
Bt ₁	5,1a	3,6a	4,6a	7,9c	30,7b	39,5b	90,7a	7,70cd
Bt ₂	5,5b	4,1b	4,7ab	10,5d	38,7c	48,3c	109,2ab	5,91bc
C	5,6c	4,7c	4,8b	9,5cd	31,7b	41,9bc	123,2bc	4,40b
C/Cr	5,7d	5,2d	5,3c	3,6b	15,3a	26,6a	96,6a	0,89a
Cr	5,7cd	6,9e	5,7d	1,2a	16,8a	30,3a	144,0c	0,34a
Perfil 2								
Bt ₁	5,3bc	3,3a	4,2a	6,4a	33,2a	41,1a	122,3b	15,67d
Bt ₂	5,4c	3,9b	4,4b	12,5b	49,7bc	58,2b	112,8a	11,27c
C ₁	5,3bc	5,1c	4,9c	16,4c	57,9c	68,2c	116,8ab	8,97b
C ₂	5,2ab	6,0d	5,2d	16,3c	55,2c	66,7c	140,3c	3,53a
Cr	5,3bc	7,8e	5,6e	12,7b	44,4b	58,1b	179,0d	2,86a
Perfil 3								
Bt	5,1a	4,1a	2,1a	7,5d	35,7c	42,1c	114,3a	7,87d
C	5,4b	5,4b	2,5b	5,8c	22,6b	30,8b	127,1a	4,66c
C/Cr	5,5c	6,4c	3,6c	4,4b	22,4b	32,8b	168,8b	3,02b
Cr	6,2d	6,8c	3,7c	1,1a	11,0a	21,9a	243,2c	0,80a
Perfil 4								
Bt	5,3a	0,9a	0,5a	7,2d	26,7c	28,2b	66,9a	6,81c
CB	5,6b	1,2b	0,7b	5,1c	17,5b	19,5a	107,9b	2,39ab
Cr/C	6,0c	2,6c	2,2c	3,4b	14,8ab	19,7a	132,1c	2,22ab
Cr	6,0c	3,2d	2,9d	1,8a	12,9a	19,3a	140,3c	1,55a
Perfil 5								
Bt	5,5a	4,1a	1,5a	13,1f	43,8d	49,6d	152,6a	9,12e
BC	5,7b	4,5b	1,8b	11,0d	34,8c	41,3c	146,3a	7,40d
C	5,9c	7,8c	3,8c	5,9c	22,1b	34,2b	140,4a	5,36c
Cr ₁	6,2d	10,8d	5,0d	3,5b	17,8b	34,3b	376,7b	3,79b
Cr ₂	6,3e	12,4e	5,3e	1,0a	8,6a	27,0a	478,7c	1,96a
Perfil 6								
Bt	5,8a	3,7a	1,1a	9,1b	30,6c	35,8b	121,3a	7,40c
C	6,0b	7,1b	3,5b	10,5b	26,4b	37,6b	137,1b	3,80b
Cr	6,3c	11,6c	5,3c	1,8a	8,3a	26,2a	454,2c	1,70a

HC: horizonte ou camada; As letras ao lado dos valores numéricos correspondem ao teste de média Tukey com 95% de significância.

O Quadro 7 apresenta os dados de extração de Fe e K⁺. O Fe mostrou-se discreto em todos os perfis e com tendências a redução em profundidade, os

maiores valores ficaram por conta da extração com ácido sulfúrico (H_2SO_4) atingindo no máximo $26,1 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte C do P1 e os menores valores ficaram por conta da extração com oxalato de amônia com menos de $0,5 \text{ g kg}^{-1}$ de solo.

Quadro 7. Dados de ferro e potássio extraídos com diferentes extratores para os Argissolos Bruno-Acinzentados.

HC	Ferro			Potássio	
	Oxalato	DCB	H_2SO_4	Mehlich	HNO_3
	g kg^{-1}			mg kg^{-1}	
Perfil 1					
Bt ₁	3,2e	12,0c	14,1a	187b	444a
Bt ₂	2,6d	7,8b	22,7b	189b	1.102c
C	2,2cd	7,1ab	26,1c	157a	1.283d
C/Cr	1,3b	7,0ab	22,9b	162a	999b
Cr	0,7a	6,9a	21,2b	167a	1.094c
Perfil 2					
Bt ₁	2,2bc	5,0b	6,5a	168d	882a
Bt ₂	3,0d	7,0d	20,2c	106c	1.154b
C ₁	2,7cd	7,0d	15,7b	88ab	1.502d
C ₂	1,8b	5,9c	14,0b	84a	1.506d
Cr	0,8a	3,9a	8,1a	91b	1.379c
Perfil 3					
Bt	0,9a	6,2b	14,0c	51a	399a
C	0,8a	5,7b	12,8bc	66b	534b
C/Cr	1,5b	4,4a	11,9b	82c	818c
Cr	0,9a	3,9a	10,0a	67b	383a
Perfil 4					
Bt	2,3c	7,1d	15,0c	42b	348a
CB	1,3b	4,5c	11,2b	36ab	414b
Cr/C	0,5a	3,5b	9,9a	37ab	503c
Cr	0,4a	2,7a	9,5a	38ab	652d
Perfil 5					
Bt	1,9d	5,1d	6,8a	38a	656a
BC	1,5c	4,9d	13,1d	35a	925d
C	1,0b	3,3c	11,8c	54c	816c
Cr ₁	0,7a	2,9b	11,6c	46b	736b
Cr ₂	0,6a	2,4a	9,5b	64d	716b
Perfil 6					
Bt	1,6b	2,8a	18,4c	31a	449a
C	1,5b	2,7a	14,9b	36b	684b
Cr	0,7a	2,6a	12,1a	59c	991c

HC: horizonte ou camada; As letras ao lado dos valores numéricos correspondem ao teste de média Tukey com 95% de significância.

Na extração com Mehlich-1 que concentra o K disponível para as plantas foram encontrados valores que vão desde 31 mg kg⁻¹ no horizonte Bt do P6 a até 189 mg kg⁻¹ no horizonte Bt₂ do P1, o qual mostrou os maiores valores e uma constância ao longo do perfil. Já na extração com ácido nítrico (HNO₃) foram obtidos as maiores amplitudes, variando desde 348 mg kg⁻¹ no horizonte Bt do P4 até 1.506 mg kg⁻¹ no horizonte C₂ do P2.

7. DISCUSSÃO

Os perfis apresentam uma variação gradativa em sua cor com o incremento da profundidade, a drenagem deficiente junto com a matéria orgânica incorporada pela atividade biológica atribuem as cores brunadas aos horizontes Bt (Quadro 2), entretanto, em profundidade ocorre uma mudança gradual para um valor mais avermelhado na camada Cr, passando no horizonte C por cores acinzentada-claras, e nas camadas Cr surgem cores variegadas, mesclas acinzentada-claras, principalmente nas fraturas do saprolito, aliada ao predominante vermelho.

A cor do solo é função, principalmente, da presença de óxidos de Fe e matéria orgânica, além de outros fatores como a umidade e a distribuição do tamanho de partículas. Dessa forma a mudança de cor que ocorre nesses perfis com o incremento da profundidade é função principal da diminuição da matéria orgânica e mudança de material no perfil, passando de solo para saprolito, fato esse ocorrido em todos os perfis, o que indica diferentes graus de intemperismo, onde a camada Cr mostra uma mudança de matiz, passando do 7,5YR (solo) para 2,5YR (saprolito).

No horizonte C a cor mais clara se deve principalmente a quase ausência de material orgânico e, possivelmente, pela saída do ferro desse local por se manter com elevada umidade em grande parte do ano o que favorece a solubilização desse elemento e sua saída do perfil.

A consistência se mostrou variável ao longo dos perfis, isso ocorreu devido a também variabilidade nas frações encontradas (areia, silte, argila e matéria orgânica), além de sua umidade (SANTOS et. al, 2005). Ocorrendo, em profundidade, um aumento da fração areia nos P3, P4, P5 e P6 (Quadro 3), esse aumento ocasionou, nesses perfis, uma redução da plasticidade e pegajosidade, chegando à camada Cr dos P3, P5 e P6 a ausência dessa característica.

Características morfológicas (Quadro 2 e Figura 2) como transição entre horizontes e consistência apresentaram maior variação, dificultando a sua interpretação. Entretanto, foi verificada uma tendência de redução do grau de consistência em profundidade nos perfis e de uma transição plana do Bt para o C e irregular a ondulada do C para o Cr. A transição irregular e ondulada é comum entre camadas menos desenvolvidas, pois reflete a variabilidade dos processos de alteração da frente de intemperismo (STOLT et al., 1993; PEDRON et al., 2009;

PEDRON et al., 2010). Este fato sugere uma alteração maior no topo do horizonte C, que pode ser interpretado como resultado de processos pedogenéticos, mesmo que incipientes.

Outra característica desses perfis é a relação silte/argila (Quadro 3), ela mostrou um padrão de crescimento com o incremento da profundidade, atingindo os maiores valores na camada Cr. Valores altos dessa relação indicam uma menor alteração do material, um menor intemperismo, pela presença de frações ainda em transformações, já quando essa relação é baixa demonstra que as transformações pedogenéticas estão mais presentes e atuantes (ANDRADE et al., 1997). Dessa forma o horizonte C mostrou valores baixos e muito próximos aos do Bt e bastante distantes da camada Cr o que sugere uma maior alteração nesse horizonte diferenciando-o do saprolito abaixo.

As estruturas que predominam nos horizontes sobrejacentes a camada Cr são as de bloco angulares e subangulares (Figura 2), isso ocorre inclusive no horizonte C, demonstrando uma maior alteração neste local (STOLT et al., 1991 e 1992). Já na camada Cr a estrutura que passa a dominar é a maciça (estrutura da rocha) indicando dessa forma uma mudança nos processos dominantes, passando de pedogênese a neogênese (STOLT et al., 1991; LIETZKE & WEBER, 1980).

Da mesma forma que o tipo de estrutura muda entre o horizonte C e a camada Cr ocorre um aumento no diâmetro e mudança de cor desse material, ficando mais grosseiro e mais vermelho (2,5YR) mostrando uma diferença morfológica facilmente identificável a campo.

Visualmente o saprolito encontra-se bastante fraturado com tamanho de estruturas variáveis, além de nas suas fraturas haver uma descoloração caracterizando uma redução dos compostos de ferro presentes e sua remoção dessas áreas. Segundo Stolt et al. (1992) é comum o saprolito mostrar estrutura da rocha intacta, influenciado apenas pelo intemperismo químico *in situ* e neoformação de minerais além de um gradiente de intemperismo da rocha fresca para a zona superior de saprolito completamente alterado.

Stolt et al. (1991) colocam que entre o solo e o saprolito ha uma zona de transição. Nesse local as propriedades do saprolito, como por exemplo, estruturas herdadas da rocha desaparecem e mudam gradualmente para aquelas dos solos.

Parece, ainda, na parte superior do saprolito, ocorrer, nas fissuras, à formação de filmes de argila o que sugere que esta esteja sendo eluviada de

camadas/horizontes superiores. Esse fluxo de material de camadas superiores, não só argilas, mas em alguns casos matéria orgânica, pode favorecer uma aceleração nas transformações que ocorrem nessa zona intermediária, ocorrendo aí, possivelmente, uma mudança gradual de processos predominantes, ou seja, diminuição da neogênese e aumento da pedogênese.

O aumento da fração grosseira (fragmentos de saprolito) foi constante à medida que se aprofundou no perfil, encontrando-se valores entre 5 a 15% nos horizontes Bt e 70 a 90% nas camadas Cr, mantendo a cor desses fragmentos constantes (2,5YR 4/8 – vermelho). Esse aumento, além de ter sido constante em profundidade, foi modesto até o horizonte C e abrupto entre este e a camada Cr, passando de 10 a 25% para até 90%, respectivamente, sugerindo uma maior alteração dos fragmentos de saprolito no C, o que pode ser resultado de pedogênese dominante.

Stolt et al. (1992) trabalharam com saprolitos derivados de rochas metarmólicas (Gnaiss) em Piedmont e Blue Ridge na região da Virgínia, Estados Unidos, onde definiram o “C” como “camada”, ou seja, um material ainda em transformação para solo, por haver predominância de saprolito mais alterado. Esta definição foi adotada por não haver provas de processos pedogenéticos como microestruturas de blocos subangulares, filmes de argila em poros e entre agregados e fraca presença de estruturas de blocos angulares e subangulares.

Nos perfis estudados os dados morfológicos, físicos e químicos deixam claro que existe uma distinção entre o C e as camadas Cr, aproximando o primeiro mais das características de solo do que de saprolito. As mudanças que ocorrem no saprolito são mais velozes e o transformam mais rapidamente em solo do que as mudanças na rocha para modificá-la a saprolito (STOLT et al., 1992), o que pode justificar as distinções entre C e Cr aqui encontradas. Além de que quanto mais próximo da superfície o saprolito se encontrar, mais facilitada será sua transformação para solo e mais rapidamente ela ocorrerá (STOLT et al., 1992).

Na descrição a campo os principais recursos usados para a separação dos horizontes/camadas foram cor e estrutura, aliadas ao volume de saprolito e consistência. Assim o horizonte Bt (Quadro 2) possui uma estrutura forte a moderada de blocos angulares e subangulares com cores brunadas e apenas poucos resquícios de material de origem. Já o horizonte C apresentou uma cor acinzentada-clara com estrutura moderada, semelhante ao horizonte acima,

aparecendo, em alguns casos, presença de estruturas colunares e ainda uma participação modesta de saprolito vermelho (máximo 25%). Na camada Cr a cor predominante passa a ser o vermelho devido à presença predominante de saprolito, assim como o tipo de estrutura passa a ser a maciça em grandes blocos e laminar.

As camadas Cr mostraram um aumento significativo de fragmentos grosseiros e mudança de estrutura, assim como de cor, se configurando distinta das demais, além de sua química apresentar-se mais básica.

O aumento de fragmentos grosseiros em profundidade está associado a um aumento da Ds e RP, assim como de uma diminuição da PT e queda na Ks, que no P3, P4 e P6 chegaram à zero. Além disso, o predomínio de fragmentos grosseiros com cores mais vermelhas facilita a identificação visual no campo das camadas Cr.

A Ks encontrada em todos os perfis foi bastante reduzida inclusive nos horizontes mais superficiais, havendo uma queda acentuada da mesma em direção da camada Cr. Essa característica ocorre devido a esses perfis serem formados por materiais de origem siltosa (P1 e P2) e arenoso (P3, P4, P5 e P6), com granulometria mais fina e suas partículas encontrarem-se fortemente unidas, e mesmo apresentando boa porosidade esses poros não possuem conexão entre si além de serem intercalados com argila o que dificulta não só a absorção da água, mas também sua liberação (MACHADO, 2005), além de favorecer um aumento da densidade e da resistência à penetração. Variações da Ks para mesmo horizonte e camada entre os perfis devem estar associadas à presença de bioporos, assim como observado por Pedron et al. (2011).

As análises físicas de laboratório sustentam as observações morfológicas de campo. O resultado do teste de média dos dados de argila natural, porosidade, Ds, RP, Ks e os valores do GF indicam que o horizonte C tem comportamento mais próximo do horizonte Bt que da camada Cr. A redução da Ds, RP e da Ks no horizonte C em relação ao Cr indica a maior alteração no C, verificado no campo pela estrutura desenvolvida e de menor tamanho e presença de biocanais, os quais contribuem para o aumento da porosidade, infiltração de água e de raízes (PEDRON et al., 2011).

A baixa condutividade saturada encontrada nas camadas Cr em todos os perfis é resultado da natureza granulométrica dos materiais de origem, os quais são formados por siltitos argilosos, no caso do Santa Maria-Alema, e arenitos finos com intercalação de argilas, no caso do Sanga do Cabral (SARTORI, 2009).

A resistência à penetração apresentou uma grande variação entre os perfis, demonstrando que a cimentação e a coesão foram distintas. No entanto, essa variável mostrou uma tendência, em todos os perfis, de crescimento com a profundidade, onde na camada Cr apresentaram-se os maiores valores, atingindo no P5 o valor mais elevado ($47,50 \text{ Kgf cm}^{-2}$), já a menor resistência foi obtida no Bt₁ do P1, com valor de $12,66 \text{ Kgf cm}^{-2}$, da mesma forma nesse perfil alcançou-se o menor valor dentre as camadas Cr, $20,08 \text{ Kgf cm}^{-2}$, valor esse inferior à resistência necessária para ocasionar restrição ao crescimento de raízes (TORMENA et al., 1996) demonstrando um elevado grau de alteração.

Esses dados associados entre si e aos anteriores mostram uma distinção entre C e Cr, não só visual, mas também físico e estatístico evidenciado pelo teste de médias (Tukey), onde o C apresentou valores semelhantes aos obtidos nos horizontes sobrejacentes e diferentes do saprolito (Cr).

A resistência de agregados (Quadro 5) apresentou redução de agregados >2 mm e IEA do horizonte Bt para o horizonte C, com exceção do P6, o que está associada à redução da matéria orgânica e óxidos de ferro, os quais atuam como agentes de agregação (HICKMAN et al., 2011; VEZZANI & MIELNICKZUK, 2011). Do horizonte C para a camada Cr ocorre aumento do DMG, DMP, IEA e agregados >2 mm. Este comportamento é resultado do aumento do volume de saprolito, que possui uma resistência natural mais elevada (STOLT et al., 1991).

Dessa forma a resistência de agregados mostrou diferenças estatísticas entre C e Cr, servindo para auxiliar em sua distinção. Entretanto o horizonte C se comportou também diferente do solo acima, demonstrando que suas características de agregação são distintas tanto de um material como de outro, o que poderia, nesse caso, caracterizá-lo como de camada de transição.

Assim como os dados físicos, os dados químicos mostraram uma correlação com a mudança de camada/horizonte, onde cátions básicos como Ca^{2+} e Mg^{2+} , gradativamente, aumentaram seus valores em direção à camada Cr. Em sentido contrário, os cátions Al^{3+} e H^+ também mostraram diferença estatística entre C e Cr, indo de encontro com o observado por Stolt et al. (1992), onde, segundo esses autores os primeiros elementos a saírem da rocha durante sua alteração para saprolito, são o alumínio e o silício, o que diminui grandemente sua massa mas conserva sua estrutura. Mas assim como a resistência de agregados, os dados

químicos mostram que o horizonte C se distingue não só do saprolito, mas também do solo acima, comportamento esse que indica uma zona distinta no perfil.

A atividade de argila também mostrou diferenças estatísticas significativas na última camada de cada perfil, mostrando diferença dessa camada para com as demais, o que possibilita usar esse parâmetro associado com os anteriores para distingui-la. Já no horizonte C, os dados químicos, de maneira geral, inclusive a atividade de argila, demonstrou que esse horizonte, expressivamente, se assemelhou aos demais acima dele, reconhecidamente caracterizados como solo, o que vem a corroborar com os dados morfológicos e físicos, que da mesma forma, sugerem que o C possui características mais evidentes de solo que saprolito.

O carbono foi outro indicativo (Quadro 6), que apresentou distinção entre essas duas regiões do regolito (C e Cr) e mesmo as amostras tendo sido coletadas em barranco, o que favorece a atividade biológica e por consequência a introdução de mais matéria orgânica no sistema, isso parece não ter afetado esse parâmetro, pois houve redução gradual e significativa com a profundidade, fato esse coerente com o esperado.

Os teores de Fe nas três diferentes extrações mostraram-se bastante modestos em todos os perfis estando de acordo com Machado (2005) que indica menor teor desse elemento nas rochas em questão. A concentração iluvial de Fe nos horizontes Bt confere com o processo de argiluviação. Mesmo os valores encontrados sendo baixos, a maioria dos perfis mostraram, discretamente, valores distintos tanto acima quanto abaixo do horizonte C.

A extração de K^+ através de Mehlich-1 (Quadro 7) evidencia a forma desse elemento que está prontamente disponível para as plantas, assim, seus valores, com exceção do P1 e P2, foram baixos, o que demonstra a discreta participação desse elemento nessa forma. Segundo Martins et al. (2004) a forma trocável e solução desse elemento corresponde a não mais de 2% do total do potássio no solo.

O K^+ extraído com HNO_3 , em contra partida, surge de maneira mais expressiva, atingindo valores acima de 1.000 mg kg^{-1} no P1 e P2. Segundo Martins et al. (2004) e Steiner (2010) essa forma do elemento se configura numa reserva em médio a longo prazo para o solo, por estarem retidos entre as camadas tetraédricas de minerais 2:1 como as vermiculitas, sendo importante no aspecto agrônômico e correspondendo de 2 a 7,5% do total do K^+ do solo.

Assim, esse elemento, apresentou uma grande variação entre os perfis e mesmo dentro do perfil, dificultando a percepção de alguma tendência. Era esperado, no entanto, que os dados de dissolução de K indicassem um quebra entre os horizontes B, C e camada Cr dos perfis desenvolvidos do Sanga do Cabral. Isso porque esta rocha é rica em mica e feldspato K e o intemperismo do horizonte C deveria reduzir os teores de K pela alteração desses minerais, o que não ficou comprovado, uma vez que o horizonte C apresentou valores mais elevados no P1, P2 e P3. Este ponto merece maior atenção futura, através de avaliações mineralógicas.

Acredita-se, ainda, que esse elemento possa ser útil na distinção do solo e saprolito, nas Formações trabalhadas nesse estudo (Quadro 1), entretanto sendo necessárias, possivelmente, a extração de outras formas de K^+ , como a total (não realizada) e, ainda trabalhar com frações distintas como argila, areia e silte e não apenas com TFSA (utilizada). Essa hipótese se justifica por essas Formações serem ricas nesse elemento (ZERFASS, 1998; MACHADO, 2005; MILANI et al., 2007) e possivelmente expressarem diferenças em alguma de suas formas. Assim fica a necessidade de maiores estudos para que se possa concluir sobre a importância desse elemento no auxílio a separação do solo e saprolito.

Pedron et al. (2009) trabalhando com Neossolos Litólicos e Regolíticos definiu o C como Horizonte por apresentar características que expressam a pedogênese bem definidas, como estrutura bem desenvolvida. Da mesma forma encontraram-se, nesse estudo, propriedades no C semelhantes ao solo o que permitiu incluí-lo como tal. Isso sugere que quanto mais próximo à superfície estiver o material de origem mais rapidamente ele se alterara para solo, podendo esta ser uma justificativa para as diferenças encontradas por Stolt et al. (1991) com as obtidas neste trabalho.

Os dados apresentados neste trabalho apontam 2 situações. A primeira indica que o horizonte C apresenta desenvolvimento com fortes indícios de pedogênese, mostrando morfologia e comportamento físico-químico semelhante ao horizonte Bt. A segunda indica que o horizonte C é um horizonte de transição entre o saprolito (Cr) e o solo (Bt), independente de ambos, mas com possibilidades de miscigenação com os mesmos. Isso significa que ora o horizonte C é mais desenvolvido e parecido com o B, ora ele é menos desenvolvido e mais parecido com o Cr. Essa organização de idéias confere com aquela apresentada por Stolt et al. (1993).

O trabalho de Stolt et al. (1991) define horizonte C como material residual em estágio variado de alteração, também chamado de saprolito. Estes mesmos autores citam a existência de uma zona de transição entre o solo e o saprolito, denominada de horizontes CB ou BC. Diversos outros autores concordam que o horizonte C se refere ao saprolito (FAO, 1977; LIETZKE & WEBER, 1981; CURI et al., 1993; SANTOS et al., 2005). Assim como Lietzke & Weber (1981) e Rice et al. (1985) utilizaram a denominação Cr para saprolito com estrutura da rocha preservada, sem definir claramente o que seria o horizonte C.

Trabalhos de Pedron et al. (2009, 2010 e 2011), sugerem a denominação de Cr para saprolito, caracterizado pela estrutura da rocha e corte manual com uma pá reta, conforme Stolt & Baker (1994), e C para um material onde a pedogênese, embora incipiente, já é responsável pelas suas características. No campo o horizonte C seria identificado pela estrutura semelhante a do solo e penetração de raízes dentro dos agregados, o que pode ser comprovado nos perfis deste trabalho, conforme a classe de intemperismo I7 anotada para os horizontes C (Quadro 2).

Os dados obtidos neste trabalho, para os Argissolos Bruno-Acinzentados, deixam claro que o horizonte C não deve ser considerado saprolito, uma vez que não apresenta comportamento morfológico e físico-químico compatível com esta camada. O horizonte C foi assim denominado, neste trabalho, com base nas evidências de alterações pedogenéticas. Se o horizonte C for considerado parte do solo, a sua base torna-se o seu limite inferior, também chamado de contato solo-saprolito.

Ressalta-se que esta situação foi indicada pela maioria das variáveis morfológicas e físicas, as quais são consideradas para identificação do saprolito no campo. Estas variáveis são utilizadas por apresentarem aplicabilidade prática no campo (PEDRON et al., 2009), relacionando-se com a penetração de água e raízes no material, tais como morfologia, densidade, porosidade, resistência a escavação e penetração e condutividade hidráulica. Este fato contribui para considerar o horizonte C como parte do solo.

Entretanto, conforme algumas variáveis sugeriram, principalmente, as químicas, se o horizonte C for considerado uma camada independente, de transição entre o solo e o saprolito, o perfil deixa de apresentar o limite inferior do solo ou o contato entre solo-saprolito, apresentando então, uma zona ou camada de transição entre eles, assim como proposto por Lietzke & Weber (1981) e Stolt et al. (1993).

Especificamente para solos pouco profundos como o caso dos Argissolos Bruno-Acinzentados deste trabalho, as camadas saprolíticas desempenham funções ambientais importantes (LIETZKE & WEBER, 1981). Neste sentido, considerar o horizonte C como parte integrante do solo e, mais que isso, como parte integrante do solum, seria estrategicamente importante, visto que receberia maior atenção nos trabalhos de descrição no campo durante os levantamentos de solos. Isso contribuiria também para o avanço no conhecimento sobre estas camadas, melhorando o manejo e a conservação dos solos.

Outro aspecto importante está relacionado com a classificação taxonômica dos Argissolos Bruno-Acinzentados. Os atributos diagnósticos sugeridos por Pedron et al. (2009) para a classe dos Neossolos também são importantes para os Argissolos em questão. A indicação dos contatos saprolítico, saprolítico fragmentário e hipesaprolítico, a exemplo dos contatos lítico e lítico fragmentário, já existentes no sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2006), são fundamentais para a interpretação correta das limitações de uso destes solos. Sugere-se também estender as classes “*abruptico saprolítico*” e “*saprolítico*” usada atualmente em nível de subgrupo nos Argissolos Vermelhos para os Argissolos Bruno-Acinzentados.

8. CONCLUSÕES

1. Os resultados apontaram 2 situações: 1ª. o C é um horizonte que apresenta desenvolvimento com fortes indícios de pedogênese, mostrando morfologia e comportamento físico-químico semelhante ao horizonte Bt; 2ª. o C é uma camada de transição entre o saprolito (Cr) e o solo (Bt), independente de ambos, mas com possibilidades de miscigenação com os mesmos.
2. As variáveis que sustentaram a inclusão do horizonte C como parte do solo foram: cor, estrutura, textura, índice de intemperismo, nódulos de saprolito, argila natural, porosidade, densidade, resistência a penetração, condutividade hidráulica saturada, grau de flocculação e atividade da argila.
3. As variáveis que sustentaram a existência de uma camada independente de transição entre solo e saprolito foram: Ca, Mg, Al, H+Al, Carbono orgânico, Fe, K e resistência de agregados.
4. A maioria das variáveis analisadas indicou que o horizonte C não pode ser considerado saprolito, pois não apresenta comportamento morfológico e físico-químico compatível com esta camada.
5. Se o C for considerado parte do solo, a sua base torna-se o limite inferior, também chamado de contato solo-saprolito. Se o C for considerado uma camada independente, de transição entre o solo e o saprolito, o perfil deixa de apresentar o limite inferior, apresentando então uma zona ou camada de transição entre eles.

9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ANDRADE, H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; DEMATTÊ, J. L.; ANDRADE, F. V. **Pedogeomorfologia e micropedologia de uma sequência Latossolo-Areia Quartzosa hidromórfica sobre rochas cristalinas do estado do Amazonas.** Genoma, Minas Gerais, UFMG, 5(1):55-66, 1997.

BECKER, G. F. **A reconnaissance of the goldfields of the Southern Appalachians.** U. S. Geol. Surv. 16th Annu. Rep. USGS, Washington, DC. 1895.

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

CALVERT, C. S.; BUOL, S. W. and WEED, S. B. **Mineralogical characteristics and transformation of a vertical rock-saprolite-soil sequence in the North Carolina Piedmont: I. Profile morphology, chemical composition, an mineralogy.** Soil Sci. Soc. Am. J. 44:1096-1103. 1980a.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. **Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras.** Rev. Bras. Ci. Solo, v.22, p.527-538, 1998.

CLEAVES, E. T. **Petrologic and chemical investigation of chemical weathering in mafic rocks, Eastern Piedmont of Maryland.** Maryland Geol. Surv. Rep. Invest. 25. 1974.

CLEAVES, E. T.; GODFREY, A. E. and BRIKER, O. P. **Geochemical balance of a small watershed and its geomorphic implications.** Geol. Soc. Am. Bull. 81:3015-2032. 1970.

COSTA, J. E. and CLEAVES, E. T. **The Piedmont landscape of Maryland: A new look at an old problem.** Earth Surf. Processes Landforms, 9:59-74. 1984.

CURI, N. et al. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas: SBCS, 1993. 90p.

DALMOLIN, R. S. D. & PEDRON, F. de A. **Distribuição dos solos no ambiente.** In: A. C. Azevedo; R. S. D. Dalmolin & F. de A. Pedron. Solos & Ambiente - I Fórum. Santa Maria: Pallotti. 2004. p.23-39.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 2 ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

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

FAO. **Guidelines for soil profile description.** 2nd ed. Soil Resources Development and Conservation Service, Land and Water Development Division, Rome. 1977.

GARDNER, L. R.; KHEORUENROMNE, I. and CHEN, H. S. **Isovolumetric geochemical investigation of a buried granite saprolite near.** Columbia, SC, U.S.A. *Geochim.Cosmochim.Acta* 42:417-424. 1978.

HICKMAN, C.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, R. B. A.; ANDRADE, C. L. T. **Atributos físico-hídrico e carbono orgânico de um Argissolo após 23 anos de diferentes manejos.** *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 25, n 1, p. 128-136, jan.-mar., 2012.

JACKSON, M.L.; LIM, C.H. & ZELAZNY, L.W. **Oxides, hydroxides, and aluminosilicates** In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis.* Madison, American Society of Agronomy, 1986. Parte 1: Physical and mineralogical methods analysis. p.101-150.

KEMPER, W. D. & CHEPIL, W. S. **Size distribution of aggregates.** In: BLACK, C. A. *Methodos of Soil Analysis – Part 1.* Madison: Wisconsin, ASA. p. 495-509. 1965.

LIETZKE, D. A.; WEBER, R. S. **The importance of Cr horizons in soil classification and interpretations.** *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 45, p. 593-599, 1981.

MACHADO, J. L. F. **Compartimentação Espacial e Arcabolso Hidrostratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul.** Tese. Porto Alegre: UNISINOS, 2005. 237p.

MALUF, J. R. T. **Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul.** *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.8, p.141-150, 2000.

MARTINS, R.; MELO, V. F.; SERRAT, B. M. **Reserva mineral de potássio em solos dos campos gerais, estado do Paraná.** Revista Ceres, 51(296):521-533, 2004.

MELO, V. F.; NOVAIS, R. F.; FONTES, M. P. F. & SCHAEFER, C. E. G. R. **Potássio e magnésio em minerais das frações areia e silte de diferentes solos.** Rev. Bras. Ci. Solo, 24:269-84, 2000.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. **Bacia do Paraná.** Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p. 265-287, maio/nov. 2007.

MORETTIN, P. A. & BUSSAB, W. O. **Estatística Básica.** 6ª ed. São Paulo. Ed. Saraiva, 2009. 540p.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada.** 2ª ed. Editora FEALQ. Piracicaba, SP. 2005, 574p.

PAVICH, M. J. **Processes and rates of saprolite production and erosion on a foliated granitic rock of the Virginia Piedmont.** In. S. M. Coleman and D. P. Diether (ed.) Rater of chemical weathering of rocks and minerals. Acad. Press, Orlando, FL. 551-590p. 1986.

PEDRON, F. A.; FINK, J. R.; RODRIGUES, M. F.; AZEVEDO, A. C. **Condutividade e retenção de água em Neossolos e saprolitos derivados de Arenito.** R. Bras. Ci. Solo, 35:1253-1262, 2011.

PEDRON, F. de A.; FINK, J. R.; DALMOLIN, R. S. D.& AZEVEDO, A. C. **Morfologia dos contatos entre solo-saprolito-rocha em Neossolos derivados de arenitos da Formação Caturrita no Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:1941-1950, 2010.

PEDRON, F. de A.; AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D.; STURMER, S. L. K.; MENEZES, F. P. **Morfologia e classificação taxonômica de Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no Rio Grande no Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, p.119-128, 2009.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G.; PEREIRA, M.G.; FONTANA, A. **Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um Argissolo.** Rev. Bras. Ci. Solo, v.26, p.713-720, 2002.

PRATT, P. F. **Lithium, sodium and potassium.** In: Page, A.L. (ed.). Methods of soil analysis. Parte 2. Chemical and microbiological properties. Madison. American Society of Agronomy, 1965. p.225-46.

RICE Jr., T. J.; BUOL, S. W; WEED, S. B. **Soil-saprolite profiles derived from mafic rocks in the North Carolina Piedmont: I. chemical, morphological and mineralogical characteristics and transformations.** Soil Sci. Soc. Am. J. 49:171-178. 1985.

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

SARTORI, P. L. P. **Geologia e geomorfologia de Santa Maria.** Ciência & Ambiente, v. 38, p. 19-42, 2009.

SCHALLER, F. W. & STOCKINGER, K. R. **A comparison of five methods for expressing aggregation data.** Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 17:310-313, 1953.

SCHOENEBERGER, P.J. et al. (eds.). **Field book for describing and sampling soils.** Version 2.0. Lincoln: Natural Resources Conservation Service - National Soil Survey Center, 2002. 228p.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual.** Washington DC: U.S. Government Printing Office, 1951. 503p. (Department of Agriculture Handbook n.18).

STEINER, F. **Formas de potássio em solos do estado do Paraná e sua disponibilidade para as plantas em cultivos sucessivos.** Dissertação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2010. 87p.

STOLF, R. **Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.15, p.229-235, 1991.

STOLT, M. H.; BAKER, J. C. and SIMPSON, T. W. **Micromorphology of the soil-saprolite transition zone in Hapludults of Virginia.** Soil. Science Society of America Journal. 55:1067-1075, 1991.

STOLT, M. H.; BACKER, J. C. and SIMPSON, T. W. **Characterization and Genesis of Saprolite Derived from Gneissic Rocks of Virginia.** Soil Sci. Soc. Am. J. 56:531-539, 1992.

STOLT, M. H.; BAKER, J. C. **Strategies for studying saprolite and saprolite genesis.** In: CREMEENS, D. L. et al. (ed.). Whole redolithpedology. Madison: Soil Science Society of America, p.1-20, 1994. (Special Publication, n.34)

STOLT, M. H.; BAKER, J. C.; SIMPSON, T. W. **Soil-Landscape Relationships in Virginia: I. Soil Variability and Parent Material Uniformity.** Soil Sci. Soc. Am. J. 57:414-421, 1993.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Emater/RS – UFRGS, 2008. 222 p.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. **Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes praticas de manejo agrícola.** Rev. Bras. Ci. Solo, 35:213-223, 2011.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S.; COOPER, M. **Pedogênese em uma sequência Latossolo-Podzólico na borda de um platô na Depressão Periférica Paulista.** Rev. Bras. Ci. Solo, 23:909-921, 1999.

ZERFASS, H. **Estratigrafia da sedimentação Meso e Neotriássica no Município de São Pedro do Sul, RS: faciologia, análise de proveniência e história diagenética.** Curso de Geologia, UNISINOS, Monografia de Conclusão de Curso, 1998, 181 p.

10. ANEXO

Anexo A – Descrição Morfológica

PERFIL: P1 - Entrada sede campestre Dores.

DATA: 17/10/2011.

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico abrupto.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: PBACal 1.

LOCALIZAÇÃO: Estrada de entrada da sede campestre do Clube Dores (0230480 – 6709826 - UTM).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em barranco de voçoroca, em terço médio inferior do morro, com 4,5 % de declive, sob campo nativo.

LITOLOGIA: Rochas Sedimentares.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Santa Maria.

CRONOLOGIA: Triássico superior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Membro Alemoa da Formação Santa Maria.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado a ondulado.

EROSÃO: Em sulcos, com formação de voçorocas de até 5 m de profundidade.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta estacional semidecidual e savana.

USO ATUAL: Pastagem nativa.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron e Rodrigo B. de Oliveira.

Descrição Morfológica

- A 0 – 15 cm, bruno (10YR 4/3 úmido); franco; fraca a moderada, grande a muito pequena, blocos angulares e subangulares; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; poros pequenos até 2mm Ø (bioporos de formigas), comuns; transição plana e abrupta.
- Bt₁ 15 – 27 cm, bruno (10YR 3,5/3 úmido); argiloso; moderada, muito pequena a média, blocos angulares e subangulares; firme a friável, muito plástica e muito pegajosa; poros muito pequenos, abundantes; transição plana e clara, cerosidade fraca, presença de nódulos (saprolito) (2,5YR 4/8) com participação de 8% no volume do horizonte.
- Bt₂ 27 – 50 cm, bruno (10YR 3,5/2 úmido); argiloso; moderada a forte, muito pequenos a grandes, blocos angulares e subangulares; firme, muito plástica e muito pegajosa; poros muito pequenos, comuns; transição plana e clara, cerosidade forte e abundante; presença de nódulos (saprolito) (2,5YR 4/8) com participação de 8% no volume do horizonte.
- C 50 – 65 cm, bruno (10YR 4,5/2 úmido); franco-argiloso; moderada a fraca, muito pequena a grande, blocos angulares; cerumidade forte e abundante;

firme a friável, muito plástica e muito pegajosa; poros muito pequenos, poucos; transição plana e clara; presença de nódulos (saprolito) (2,5YR 4/8) com participação de 15% no volume do horizonte.

C/Cr 65 – 100 cm, bruno (10YR 6/1,5 úmido); franco-argiloso; moderada a forte, pequena a muito grande, blocos angulares; friável a firme, muito plástica e muito pegajosa; poucos poros, muito pequenos; transição plana e clara; presença de nódulos (saprolito) (2,5YR 4/8) com participação de 25% no volume do camada.

Cr 100 – 150 cm, vermelho (2,5YR 4/8); franca; moderada, muito grande a média, prismática, colunar e blocos angulares, estrutura maciça, solo com estrutura pedogenética incipiente; friável a firme, plástica e pegajosa; poros muito pequenos a pequenos, poucos; saprolito apresenta participação de 70% e o solo (10YR 6/1,5 úmido) com 30% no volume do camada. Material altamente fraturado, já apresentando estrutura pedogenética incipiente.

RAÍZES:

Muitas no A e Bt₁, comuns no Bt₂, poucas no C e raras no C/Cr e no Cr.

OBSERVAÇÕES:

O Cr deste perfil apresenta grau de alteração maior que do perfil 2, o material apresenta-se maciço com alto grau de alteração onde não é possível visualizar as fraturas e estruturas (estrutura da rocha bastante alterada).

Análise granulométrica

Horizontes		Fração da amostra total g Kg ⁻¹		Relação Silte - Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus + cascalho (>2mm)	Terra fina (<2mm)	
A	0 – 15	103	897	1,54
Bt ₁	15 – 27	119	881	0,33
Bt ₂	27 – 50	125	875	0,43
C	50 – 65	176	824	1,12
C/Cr	65 – 100	223	777	1,38
Cr	100 – 150+	254	746	1,87

Horizonte	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	112	384	305	199
Bt ₁	74	344	146	436
Bt ₂	53	314	191	442
C	39	240	381	340
C/Cr	58	286	381	275
Cr	166	228	394	210

Análise química

Horizonte	pH H ₂ O 1:1	Complexo sortivo – cmol _c Kg ⁻¹							
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,3	4,4	4,4	0,20	0,08	9,1	13,1	1,9	24,1
Bt ₁	5,1	3,6	4,6	0,47	0,24	8,9	22,8	7,9	39,5
Bt ₂	5,5	4,1	4,7	0,48	0,31	9,6	28,2	10,5	48,3
C	5,6	4,7	4,8	0,40	0,37	10,3	22,2	9,5	41,9
C/Cr	5,7	5,2	5,3	0,41	0,40	11,3	11,7	3,6	26,6
Cr	5,7	6,9	5,7	0,42	0,47	13,5	15,6	1,2	30,3

Horizonte	Al	Valor V	K assimilável	C Orgânico
	%		mg L ⁻¹	g Kg ⁻¹
A	17	38	81	8,25
Bt ₁	47	22	187	7,70
Bt ₂	52	20	189	5,91
C	48	24	157	4,40
C/Cr	24	43	162	0,89
Cr	8	45	167	0,34

PERFIL: P2

DATA: 06/04/2011

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: PBACal 2

LOCALIZAÇÃO: RS – 287 +/- 1km antes de São Pedro do Sul (0774281 – 6717507).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Perfil descrito em barranco de estrada, com relevo ondulado (10%).

ALTITUDE: 160 m.

LITOLOGIA: Rochas sedimentares.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Santa Maria.

CRONOLOGIA: Triássico superior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Membro Alemoa da Formação Santa Maria.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Suave Ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave Ondulado

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta estacional semidecidual e savana.

USO ATUAL: Campo nativo com pomar.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron, Rodrigo B. de Oliveira e Vanessa T. Bertolazi.

Descrição Morfológica

- A 0 – 20 cm, Bruno-escuro (7,5YR 4/3 úmido); franca; blocos angulares e subangulares, grandes a pequenos, moderada a fraca; transição clara e ondulada; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos abundantes de formigas e cupins variando de 0,5 a 4 cm Ø, friável, pegajoso e plástico. Sem cerosidade.
- Bt₁ 20 – 35 cm, Bruno (7,5YR 3,5/2 úmido); franco-argilosa; blocos angulares e subangulares, grandes a muito pequenos (predomínio de médios a pequenos), forte; transição clara e ondulada; presença de linhas de pedras no topo do horizonte, fragmentos de sílica irregulares de 1 a 10 mm Ø abundantes; presença de resíduo de material de origem (2,5YR 4/6) de 5 % da massa do solo, vermelho, macio (2 – 5 mm Ø); muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos comuns de formigas e cupins de até 3 cm Ø, muito firme a extremamente firme, muito pegajoso e muito plástico.
- Bt₂ 35 – 52 cm, Bruno (10YR 3,5/2 úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares, grandes a muito pequenos, moderada a forte; transição clara e plana; presença de resíduo de material de origem (2,5YR 4/8) de 5% da massa do solo, vermelho, macio (2 – 8 mm Ø); muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos comuns de formigas e cupins de até 3 cm Ø, muito firme a friável, muito pegajoso e muito plástico.
- C₁ 52 – 67 cm, Bruno (10YR 6/4 úmido); argilosa; blocos angulares grandes a muito pequenos, moderada a fraca; transição abrupta e plana; muitos poros

pequenos a muito pequenos, bioporos comuns de formigas e cupins de até 3 cm Ø, friável, pegajoso e plástico. Presença de resíduo de material de origem (2,5YR 4/8) de 8% da massa do solo, vermelho, macio (2 – 8 mm Ø).

C₂ 67 – 95 cm, Bruno (10YR 6/3,5 úmido); argilo-siltosa blocos angulares grandes a muito pequenos, moderada a fraca; transição clara e plana; poros pequenos a muito pequenos, bioporos menos comuns de formigas e cupins de até 3 mm Ø, friável, muito pegajoso e muito plástico. Presença de resíduo de material de origem (2,5YR 4/8) de 10% da massa do solo, vermelho, macio (4 – 12 mm Ø).

Cr 95 – 180+ cm, vermelho (2,5YR 4/8); franco-argilo-siltosa estrutura da rocha, blocos angulares pequenos; poros pequenos a muito pequenos, bioporos ausentes, friável, extremamente dura com porções friáveis; pegajoso e plástico. Presença de resíduo de material de origem de 80% da massa do solo, vermelho, macio (5 – 50 mm Ø). O solo corresponde a 20% dessa camada com cor bruno (10YR 6/3 úmido).

RAÍZES:

Muitas raízes, no Hz A, de 1 a 3 mm Ø, herbáceas, predominantemente gramíneas. Muitas raízes no Hz Bt₁, comuns no Bt₂, poucas nos horizontes C₁ e C₂ e raras na camada Cr.

OBSERVAÇÕES:

Presença de fratura vertical do horizonte A até a camada Cr, espessura de 1mm e presença de material orgânico e raízes.

Presença de fragmentos silicosos em média de 3mm espalhados no horizonte A, iguais aos da linha de pedras do horizonte Bt₁.

Presença de linha de fratura horizontal remanescente da rocha separando C1 e C2. No C2 os fragmentos de saprolitos são maiores, de até 1 cm e no C1 de até 0,5 cm.

Análise granulométrica

Horizontes		Fração da amostra total g Kg ⁻¹		Relação Silte - Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus + cascalho (>2mm)	Terra fina (<2mm)	
A	0-20	82	918	1,27
Bt ₁	20-35	105	895	0,82
Bt ₂	35-52	98	902	0,50
C ₁	52-67	223	777	0,55
C ₂	67-95	205	795	1,03
Cr	95-180+	334	666	1,93

Horizonte	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	313	132	311	244
Bt ₁	274	114	276	336
Bt ₂	158	69	257	516
C ₁	43	51	322	584
C ₂	9	29	487	475
Cr	4	47	625	324

Análise química

Horizonte	pH H ₂ O 1:1	Complexo sortivo – cmol _c Kg ⁻¹							
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,1	4,4	4,6	0,62	0,00	9,6	19,0	2,6	31,2
Bt ₁	5,3	3,3	4,2	0,42	0,00	7,9	26,8	6,4	41,1
Bt ₂	5,4	3,9	4,4	0,26	0,00	8,5	37,2	12,5	58,2
C ₁	5,3	5,1	4,9	0,21	0,02	10,3	41,5	16,4	68,2
C ₂	5,2	6,0	5,2	0,20	0,02	11,5	38,9	16,3	66,7
Cr	5,3	7,8	5,6	0,22	0,03	13,6	31,7	12,7	58,1

Horizonte	Al	Valor V	K assimilável	C Orgânico
	%		mg L ⁻¹	g Kg ⁻¹
A	21	31	246	15,93
Bt ₁	45	19	168	15,67
Bt ₂	59	15	106	11,27
C ₁	61	15	88	8,97
C ₂	59	17	84	3,53
Cr	48	23	91	2,86

PERFIL: P3

DATA: 06/04/2011

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico abrupto

UNIDADE DE MAPEAMENTO: PBACal 3

LOCALIZAÇÃO: RS – 287, São Pedro do Sul (0758709 – 6718109).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Suave ondulado (8%).

ALTITUDE: 135m.

LITOLOGIA: Rochas sedimentares.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Sanga do Cabral.

CRONOLOGIA: Triássico inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Formação Sanga do Cabral.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Campo nativo.

USO ATUAL: Campo nativo sujo.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron, Rodrigo B. de Oliveira e Vanessa T. Bertolazi.

Descrição Morfológica

- A 0 – 42 cm, Bruno-escuro (7,5YR 3/2 úmido); franco-arenosa; blocos angulares e subangulares, grandes a muito pequenos, moderada a fraca; transição clara e plana; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins variando de 1 a 3 cm Ø, friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico. Sem cerosidade.
- E 42 – 63 cm, Bruno (7,5YR 6/4 úmido); franco-arenosa; blocos angulares grandes a muito pequenos, estrutura fraca a moderada; transição plana e abrupta; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins variando de 1 a 3 cm Ø, friável, não pegajoso e não plástico.
- Bt 63 – 90 cm, Bruno (7,5YR 4,5/2 úmido); franco-argilosa; blocos angulares, grandes a muito pequenos (predomínio de médio a pequeno), estrutura moderada a forte; transição irregular e clara; apresenta resquícios de material de origem (2,5YR 4/8) 15% da massa do solo, vermelho, fragmentos de até 5 mm Ø; cerosidade fraca e não abundante; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins de até 0,5 cm Ø, firme, muito pegajoso e muito plástico.
- C 90 – 105 cm, Bruno-escuro (7,5YR 6/1 úmido); franco-argilo-arenosa; blocos angulares e subangulares, grande a pequena, moderada a fraca; transição irregular e abrupta; redução drástica dos bioporos, poros muito pequenos e em menor quantidade que no hz sobrejacente; consistência firme; plástico e pegajoso. O C apresenta estrutura mais parecida com solo, embora mantenha alguns resquícios da estrutura da rocha (muito pouco); apresenta penetração

de raízes entra os agregados (blocos);o Cr embora possa ser fragmentado em blocos, visivelmente mantém a estrutura laminar da rocha; apresenta resquícios de material de origem (2,5YR 4/8) 15% da massa do solo, vermelho, fragmentos de até 5 mm Ø.

C/Cr 105 – 130 cm, Bruno (10YR 6/3 úmido); franca; estrutura da rocha, blocos angulares pequenos; poros pequenos a muito pequenos, bioporos ausentes, friável, extremamente dura com porções friáveis; pegajoso e plástico. Apresenta resquícios de material de origem (2,5YR 4/8) 23% da massa do solo, vermelho, fragmentos de até 5 mm Ø.

Cr 130 – 170+ cm, vermelho (2,5YR 4/8); franco-arenosa estrutura da rocha, blocos angulares pequenos; poros pequenos a muito pequenos, bioporos ausentes, friável, extremamente dura com porções friáveis; pegajoso e plástico. Apresenta resquícios de material de origem 70% da massa do solo, vermelho, fragmentos de até 5 mm Ø. O solo apresenta cor bruno (10YR 6/3 úmido).

RAÍZES:

Muitas raízes, no horizonte A, de 1 a 4 mm Ø, herbáceas, predominantemente gramíneas. Raízes comuns no horizonte E e poucas no Bt e C. Nas camadas C/Cr e Cr as raízes são poucas a raras.

OBSERVAÇÕES:

Análise granulométrica

Horizontes		Fração da amostra total g Kg ⁻¹		Relação Silte - Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus + cascalho (>2mm)	Terra fina (<2mm)	
A	0-42	38	962	2,26
E	42-63	18	982	3,22
Bt	63-90	142	858	0,79
C	90-105	149	851	0,44
C/Cr	105-130	196	804	1,75
Cr	130-150+	375	625	2,35

Horizonte	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	228	423	242	107
E	191	415	300	93
Bt	131	210	290	368
C	172	478	107	242
C/Cr	34	431	341	194
Cr	23	679	212	90

Análise química

Horizonte	pH H ₂ O 1:1	Complexo sortivo – cmol _c Kg ⁻¹							
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,3	1,2	0,5	0,29	0,00	2,0	16,6	3,1	21,7
E	5,7	0,6	0,0	0,04	0,00	0,6	12,8	3,7	17,2
Bt	5,1	4,1	2,1	0,12	0,09	6,4	28,2	7,5	42,1
C	5,4	5,4	2,5	0,16	0,10	8,1	16,8	5,8	30,8
C/Cr	5,5	6,4	3,6	0,20	0,21	10,4	18,0	4,4	32,8
Cr	6,2	6,8	3,7	0,16	0,24	10,9	9,9	1,1	21,9

Horizonte	Al	Valor V	K assimilável	C Orgânico
	%	%	mg L ⁻¹	g Kg ⁻¹
A	61	9	117	14,08
E	86	4	22	4,64
Bt	54	15	51	7,87
C	41	26	66	4,66
C/Cr	30	32	82	3,02
Cr	9	50	67	0,80

PERFIL: P4.

DATA: 06/04/2011

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico abrupto.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: PBACal 4.

LOCALIZAÇÃO: RS – 287, São Pedro do Sul (0758847 – 6718119).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Suave ondulado (8%).

ALTITUDE: 141m.

LITOLOGIA: Rochas sedimentares.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Sanga do Cabral.

CRONOLOGIA: Triássico inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sanga do Cabral.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta estacional semidecidual e savana.

USO ATUAL: campo nativo.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron, Rodrigo B. de Oliveira e Vanessa T. Bertolazi.

Descrição Morfológica

- A 0 – 33 cm, Bruno-escuro (7,5YR 3/2 úmido); franco-arenosa; blocos angulares e subangulares, grandes a muito pequenos, moderada a fraca; transição plana e gradual; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins e de raízes, variando de 2 mm a 1cm Ø, friável, ligeiramente pegajoso a não pegajoso e ligeiramente plástico.
- E 33 – 60 cm, Bruno (7,5YR 5/4 úmido); franco-arenosa; blocos angulares grandes a muito pequenos, estrutura fraca a moderada; transição plana e abrupta; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins variando de 1 a 3cm Ø, friável, não pegajoso e não plástico.
- Bt 60 – 90 cm, Bruno (7,5YR 4/2 úmido); argilosa; colunar, grandes a média, blocos angulares médios a pequenos (predomínio de blocos com presença de estrutura prismática), estrutura moderada a forte; transição ondulada e clara; cerosidade pouca e fraca; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins variando de 1 a 3cm Ø, firme a friável, muito pegajoso e muito plástico; presença de fragmentos de material de origem (2,5YR 4/8 úmido) com participação de 10% da massa do horizonte; presença de mosqueados brunados (7,5YR 5/8) com participação de 5% da massa do horizonte.
- CB 90 – 100 cm, Bruno (7,5YR 6/4 úmido); franca; estrutura blocos angulares e subangulares, grandes, moderada, presença de estrutura prismática (predomínio de blocos angulares grandes a médios); transição ondulada e clara; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e

cupins variando de 1 a 3cm Ø, friável a solto, ligeiramente pegajoso a não pegajoso e ligeiramente plástico a não plástico; presença de fragmentos de material de origem (2,5YR 4/8 úmido) com participação de 20% da massa do horizonte; presença de mosqueados brunados (7,5YR 5/8) com participação de 10% da massa do horizonte.

Cr/C 100 - 120 cm, Bruno (7,5YR 6/4 úmido); franco-arenosa; estrutura de blocos angulares, maciça e laminar, transição ondulada e clara; poucos poros pequenos a muito pequenos, poucos bioporos de formigas e cupins variando de até 1 cm Ø; consistência friável; não plástico a ligeiramente plásticos e não pegajoso a ligeiramente pegajoso; presença de fragmentos de material de origem (2,5YR 4/8 úmido) com participação de 50% da massa da camada.

Cr 120 – 200+ cm, Bruno (2,5YR 4/8 úmido); franco-arenosa; estrutura da rocha; poros pequenos a muito pequenos, bioporos ausentes, firme a friável; ligeiramente pegajoso a não pegajoso e ligeiramente plástico; presença de fragmentos de material de origem com participação de 70% da massa da camada, o solo possui cor bruno (10YR 6/1 úmido).

RAÍZES:

Muitas raízes no horizonte A, comuns no E e poucas no Bt e CB. Nas camadas Cr/C e Cr as raízes são raras.

OBSERVAÇÕES:

Bioporos comuns nos hz A, E, Bt, C e C/Cr, de 2mm a 1cm (cupins e formigas), bioporos de raízes. Todos os horizontes apresentam volume semelhante de bioporos com exceção do Cr que apresenta uma redução no volume de bioporos.

O horizonte Bt apresenta cerosidade pouca e fraca.

Partes do horizonte Cr possuem estrutura da rocha e consistência firme.

Do Cr para o Bt a estrutura vai se alterando de colunares e blocos maciços para colunares e blocos menores com a pedogênese aumentando o grau de alteração.

Análise granulométrica

Horizontes		Fração da amostra total g Kg ⁻¹		Relação Silte - Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus + cascalho (>2mm)	Terra fina (<2mm)	
A	0-33	83	917	1,91
E	33-60	65	935	1,36
Bt	60-90	102	898	0,58
CB	90-100	267	733	1,86
Cr/C	100-120	339	661	1,98
Cr	120-200+	399	601	1,46

Horizonte	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	247	398	234	122
E	167	393	253	186
Bt	72	262	244	421
CB	169	316	355	181
Cr/C	119	437	295	149
Cr	296	365	201	138

Análise química

Horizonte	pH H ₂ O 1:1	Complexo sortivo – cmol _c Kg ⁻¹							
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,4	1,0	0,6	0,13	0,00	1,7	19,0	2,1	22,8
E	5,3	0,5	0,1	0,07	0,00	0,7	11,3	3,2	15,2
Bt	5,3	0,9	0,5	0,10	0,01	1,5	19,5	7,2	28,2
CB	5,6	1,2	0,7	0,08	0,03	2,0	12,4	5,1	19,5
Cr/C	6,0	2,6	2,2	0,08	0,03	4,9	11,4	3,4	19,7
Cr	6,0	3,2	2,9	0,08	0,17	6,4	11,1	1,8	19,3

Horizonte	Al	Valor V	K assimilável	C Orgânico
	%		mg L ⁻¹	g Kg ⁻¹
A	56	7	57	10,59
E	82	5	31	2,83
Bt	83	5	42	6,81
CB	72	10	36	2,39
Cr/C	41	25	37	2,22
Cr	22	33	38	1,55

PERFIL: P5.

DATA: 16/03/2011

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico

UNIDADE DE MAPEAMENTO: PBACal 5

LOCALIZAÇÃO: BR 287, 51 km após o trevo da Av. Valter Jobim em direção a São Pedro do Sul (16 km após o trevo de São Pedro); (0757226 – 6717929);

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Suave ondulado – 4,5%.

ALTITUDE: 136 m.

LITOLOGIA: Rochas sedimentares.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Sanga do Cabral

CRONOLOGIA: Triássico inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Formação Sanga do Cabral.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Suave Ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave Ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta estacional semidecidual e savana.

USO ATUAL: Campo Nativo.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron, Rodrigo B. de Oliveira e Vanessa T. Bertolazi.

Descrição Morfológica

- A 0 – 29 cm, Bruno-escuro (7,5YR 3/2 úmido); franca; blocos angulares e subangulares, grandes a muito pequenos, moderada; granular, média a muito pequena, transição plana e abrupta, sem concreções e nódulos; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins maiores que 3 cm Ø, friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico. Sem cerosidade.
- Bt 29 – 47 cm, Bruno (7,5YR 4,5/4 úmido); franco-argilo-siltosa; blocos angulares e subangulares, grandes a muito pequenos, moderada (predomínio de médio a pequeno); transição plana e abrupta; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins maiores que 3 cm Ø, friável, pegajoso e ligeiramente plástico a plástico; presença de fragmentos de material de origem (2,5YR 4/8) com participação de 5% da massa do horizonte, vermelho, macio (2 – 8 mm Ø).
- BC 47 - 66 cm, Bruno (7,5YR 5/5 úmido); franco-argilo-siltosa; estrutura prismática grande a pequena, blocos angulares, grande a muito pequenos, moderada; transição clara e plana; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins maiores que 3 cm Ø; friável a firme; ligeiramente plástico a ligeiramente pegajoso; presença de fragmentos de material de origem (2,5YR 4/8) com participação de 8% da massa do horizonte, vermelho, macio (2 – 5 mm Ø).
- C 66 - 90 cm, Bruno (7,5YR 6,5/2 úmido); franca; estrutura colunar, grande a pequena, blocos angulares, grande a pequenos, moderados a forte; transição

clara e irregular; poros muito pequenos, bioporos de formigas e cupins 5 mm Ø; firme; ligeiramente plástico a ligeiramente pegajoso. Presença de fragmentos de material de origem (2,5YR 4/8) com participação de 15% da massa do horizonte, vermelho, macio (2 – 5 mm Ø).

- Cr₁ 90 - 112 cm, Bruno avermelhado (7,5YR 6/2 úmido); franca; estrutura maciça em blocos angulares (2 – 10 cm Ø), muito grande a média, forte; transição clara e irregular; poros muito pequenos; muito a extremamente firme; Não plástico e não pegajoso a ligeiramente pegajoso; fragmentos de material de origem (2,5YR 4/8) com participação de 70% da massa da camada.
- Cr₂ 112 – 180+ cm, vermelho (2,5YR 4/8) (7,5YR 6/2 úmido); franco-arenosa; estrutura maciça, laminar muito grande a grande, forte (estrutura da rocha); poros muito pequenos; extremamente firme; não plástico e não pegajoso a ligeiramente pegajoso; raízes poucas a raras; fragmentos de material de origem com participação de 85% da massa da camada. Solo com cor bruno avermelhada (7,5YR 6/2 úmido).

RAÍZES:

Muitas raízes no horizonte A, finas de 1 a 5 mm Ø, predominantemente gramíneas. Raízes comuns nos horizontes Bt e BC, poucas em C e poucas a raras nas camadas Cr₁ e Cr₂.

OBSERVAÇÕES:

Atividade biológica nos horizontes A e Bt, visivelmente mais intensa do que nos demais horizontes e camadas. Perfil descrito em barranco parcialmente vegetado (as raízes na camada Cr podem ser do barranco).

O horizonte BC apresenta estrutura mais semelhante ao C do que ao horizonte B, mas a cor indica maior pedogênese como no horizonte B. Apresenta estrutura da rocha em blocos só que com maior alteração (pedogênese).

O horizonte C apresenta estrutura mais maciça que friável.

Cr₁ difere do Cr₂ porque tem blocos menores e mais alterados.

Cr₂ tem estrutura laminar.

Análise granulométrica

Horizontes		Fração da amostra total g Kg ⁻¹		Relação Silte - Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus + cascalho (>2mm)	Terra fina (<2mm)	
A	0-29	165	835	2,63
Bt	29-47	178	822	1,74
BC	47-66	175	825	1,87
C	66-90	171	829	1,99
Cr ₁	90-112	237	763	5,27
Cr ₂	112-180+	302	698	6,54

Horizonte	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	117	282	436	166
Bt	15	94	566	325
BC	33	157	528	282
C	14	258	485	244
Cr ₁	16	413	479	91
Cr ₂	25	549	370	54

Análise química

Horizonte	pH H ₂ O 1:1	Complexo sortivo – cmol _c Kg ⁻¹							
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,3	2,0	1,1	0,16	0,02	3,3	23,6	4,3	31,3
Bt	5,5	4,1	1,5	0,08	0,14	5,8	30,7	13,1	49,6
BC	5,7	4,5	1,8	0,08	0,16	6,5	23,8	11,0	41,3
C	5,9	7,8	3,8	0,13	0,38	12,1	16,2	5,9	34,2
Cr ₁	6,2	10,8	5,0	0,11	0,53	16,5	14,3	3,5	20,0
Cr ₂	6,3	12,4	5,3	0,15	0,62	18,4	7,6	1,0	27,0

Horizonte	Al	Valor V	K assimilável	C Orgânico
	%		mg L ⁻¹	g Kg ⁻¹
A	57	11	67	20,74
Bt	69	12	38	9,12
BC	63	16	35	7,40
C	33	35	54	5,36
Cr ₁	17	48	46	3,79
Cr ₂	5	68	64	1,96

PERFIL: P6.

DATA: 16/03/2011

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico

UNIDADE DE MAPEAMENTO: PBACal 6.

LOCALIZAÇÃO: BR 287 a 57 km do trevo da Av. Valter Jobim em direção a São Pedro do Sul - (0750815 - 6717424).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Suave Ondulado 4,5%.

ALTITUDE: 132 m.

LITOLOGIA: Rochas sedimentares.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Sanga do Cabral.

CRONOLOGIA: Triássico inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Formação Sanga do Cabral.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

EROSÃO: Voçorocas naturais próximas do perfil.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta estacional semidecidual e savana.

USO ATUAL: Campo nativo.

CLIMA: Cfa, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Fabrício de A. Pedron, Rodrigo B. de Oliveira e Vanessa T. Bertolazi.

Descrição Morfológica

- A 0 – 34 cm, Bruno-escuro (10YR 3/2,5 úmido); franca; blocos angulares e subangulares, grandes a muito pequenos, moderada a forte; granular, média a muito pequena, transição clara e plana, sem concreções e nódulos; muitos poros pequenos a muito pequenos, presença abundante de bioporos de 3 mm a 20 mm Ø de formigas e cupins; friável a firme; ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico. Sem cerosidade.
- BA 34 – 53 cm, Bruno-escuro (10YR 3/3 úmido); franca; blocos angulares e subangulares, grandes a muito pequenos, moderada; granular, média a muito pequena, transição ondulada e clara; presença de linha de pedras, fragmentos de sílica de 05 a 3 cm Ø e blocos de arenito de 5 a 30 cm Ø, presença de fragmentos de troncos silicificados; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins maiores que 3 mm a 20mm Ø; friável a firme; ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico. Sem cerosidade.
- Bt 53 – 76 cm, Bruno-escuro (10YR 4,5/4 úmido); franco-argilosa; blocos angulares e subangulares, grandes a muito pequenos (predomínio de médio), moderada a forte; transição ondulada e clara; muitos poros pequenos a muito pequenos, bioporos de formigas e cupins maiores que 3 mm a 20mm Ø; friável; plástico e pegajoso; sem cerosidade; fragmentos de material de origem (2,5YR 4/8) com participação de 12% da massa do horizonte (2 – 15mm Ø).
- C 76 - 124 cm, Bruno-escuro (10YR 6/2,5 úmido); franco-argilo-siltosa; blocos

angulares, grandes a muito pequenos, com presença de estrutura prismática, grande a média, moderado a forte; transição clara e irregular; poros muito pequenos, ausência de bioporos de formigas e cupins, poucos poros de raízes de até 2 mm Ø; consistência friável a firme; ligeiramente plásticos a plástico e ligeiramente pegajoso a pegajoso; sem cerosidade; fragmentos de material de origem (2,5YR 4/8) com participação de 25% da massa do horizonte (15 - 40mm Ø).

Cr 124 – 210+ cm, vermelho (2,5YR 4/8); franco-arenosa; estrutura maciça, blocos angulares (40 – 100 mm Ø) intemperismo tipo cebola; sem concreções e nódulos; sem poros aparentes; consistência muito firme a extremamente firme; não plástico e não pegajoso. Sem cerosidade; fragmentos de material de origem com participação de 90% da massa do horizonte, o solo com os 10% restante apresenta cor bruno (10YR6/2,5 úmido).

RAÍZES:

Muitas raízes no horizonte A, finas até 2 mm Ø, predominantemente gramíneas, raízes comuns no horizonte BA, finas de 1 a 5 mm Ø, assim como no Bt. No horizonte C apresenta poucas raízes sendo elas finas, já na camada Cr as raízes são poucas a raras desenvolvendo-se nas fraturas.

OBSERVAÇÕES:

Do Hz A até a camada C as raízes penetram nos agregados, nas camadas Cr/C e Cr as raízes concentram-se entre eles.

Presença de linha de pedras roladas (calcedôneas e arenitos) de 0,5 – 8cmØ, com espessura de 15cm.

Fraturas horizontais e verticais com espessura de 2 – 10cm (predomínio de 10cm) e espessura da fratura de 1mm.

Análise granulométrica

Horizontes		Fração da amostra total g Kg ⁻¹		Relação Silte - Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus + cascalho (>2mm)	Terra fina (<2mm)	
A	0-34	176	824	2,13
BA	34-53	123	877	1,99
Bt	53-76	188	812	1,29
C	76-124	160	840	1,92
Cr	124-210+	314	686	6,87

Horizonte	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	97	365	366	172
BA	97	335	379	190
Bt	56	268	382	295
C	10	190	526	274
Cr	32	515	396	58

Análise química

Horizonte	pH H ₂ O 1:1	Complexo sortivo – cmol _c Kg ⁻¹							
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,9	2,8	1,0	0,07	0,04	3,9	21,7	3,7	29,3
BA	5,6	2,1	0,4	0,05	0,03	2,6	21,2	4,5	28,3
Bt	5,8	3,7	1,1	0,07	0,25	5,1	21,5	9,1	35,8
C	6,0	7,1	3,5	0,08	0,49	11,2	15,9	10,5	37,6
Cr	6,3	11,6	5,3	0,14	0,79	17,9	6,5	1,8	26,2

Horizonte	Al	Valor V	K assimilável	C Orgânico
	%		mg L ⁻¹	g Kg ⁻¹
A	49	13	33	19,47
BA	63	9	24	13,53
Bt	64	14	31	7,40
C	48	30	36	3,80
Cr	9	68	59	1,70