

LUANA DA SILVA

**RETRAÇÃO DO SOLO E RELAÇÃO COM AS PROPRIEDADES FÍSICO-
HÍDRICAS DE LATOSSOLOS E NITOSSOLOS DO SUL DO BRASIL**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de doutor em Ciência do Solo.

Orientador: Dr. Jackson Adriano Albuquerque
Coorientadora: Dr. Letícia Sequinatto

**LAGES, SC
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Silva, Luana da

Retração do solo e relação com as propriedades físico-hídricas
de Latossolos e Nitossolos do Sul do Brasil / Luana da Silva. --
2019.

109 p.

Orientador: Jackson Adriano Albuquerque

Coorientador: Letícia Sequinatto

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Ciência do Solo, Lages, 2019.

1. Caráter retrátil. 2. Contração. 3. Expansão. I. Albuquerque,
Jackson Adriano . II. Sequinatto, Letícia . III. Universidade do
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título.

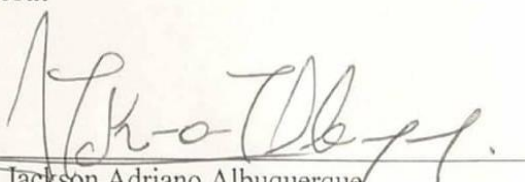
LUANA DA SILVA

**RETRAÇÃO DO SOLO E RELAÇÃO COM AS PROPRIEDADES FÍSICO-
HÍDRICAS DE LATOSSOLOS E NITOSSOLOS DO SUL DO BRASIL**

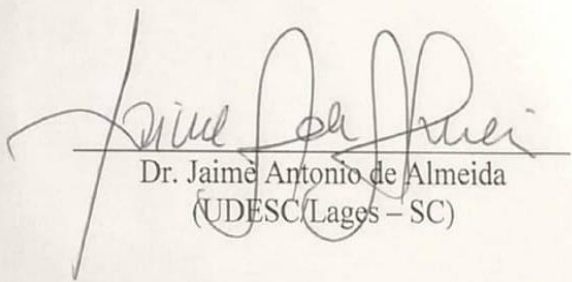
Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC como requisito parcial para obtenção do título de doutor.

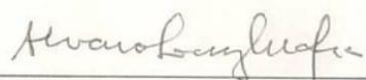
Banca Examinadora:

Orientador:


Dr. Jackson Adriano Albuquerque
UDESC/Lages – SC

Membros:


Dr. Jaime Antonio de Almeida
(UDESC/Lages – SC)


Dr. Alvaro Luis Mafra
(UDESC/Lages – SC)


Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi
(UPF/Passo Fundo - RS)


Dr. Milton da Veiga

**Lages, SC
28/02/2019**

*Ao meu filho Luiz e ao meu eterno
companheiro Diego, pelo amor e paciência
Dedico este trabalho*

AGRADECIMENTOS

A grande energia que move o universo que chamamos de Deus.

E ao motivo maior da minha vida meu filho Luiz Henrique, obrigada por me escolher para ser sua mãe nesta vida, obrigada por me entender e sempre me receber com um grande abraço.

Ao meu eterno companheiro Diego, amigo, marido e incentivador; pelo apoio, compreensão e carinho durante todo tempo, sem o qual eu realmente não teria conseguido.

Aos meus pais Valentim e Neiva, pela vida, apoio e educação.

Ao professor Jackson A. Albuquerque pela orientação durante o doutorado.

A professora Letícia e ao professor Jaime, que compartilharam comigo o início deste trabalho e por me auxiliar sempre.

A todos os colegas dos Laboratórios de Física e Manejo do Solo que de uma forma ou outra contribuíram para a pesquisa.

A todos os professores e colegas do curso de pós-graduação que contribuíram durante todo o processo de construção do trabalho.

Aos mais diversos amigos que fiz desde que me mudei para Lages, aos que me fizeram rir, que embarcaram em minhas aventuras, aos que me deram o ombro. Em especial ao meu amigo Jaime Barros Jr, que me ajudou nos mais diversos momentos.

A Capes pela bolsa concedida, a UDESC e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de concluir o doutorado.

“Com grandes poderes vem grandes
responsabilidades”
Stan Lee

RESUMO

Solos com caráter retrátil foram identificados até o momento na região Sul do Brasil. São característicos por apresentar fendas no perfil quando expostos ao secamento. Esta característica atende no Sistema Brasileiro de Classificação dos solos as ordens dos Latossolos e Nitossolos. Faltam informações para entender o processo de retração dos solos. Diante disso, o objetivo deste estudo foi analisar propriedades físicas e suas relações com o índice de retração, bem como analisar o efeito da retração na retenção de água. Foram selecionados seis perfis coletados nos Estados de Santa Catarina e no Rio Grande do Sul que apresentam caráter retrátil e um Vertissolo Ebânico no Rio Grande do Sul. Foram avaliados: granulometria, limites de consistência, densidade do solo e de partículas, porosidade total, microporos e macroporos, área superficial específica, índice de retração, matéria orgânica do solo e a curva de retenção de água no solo. Adicionalmente, para analisar o efeito da estrutura e da matéria orgânica no índice de retração, e amostras foram coletadas nos horizontes A, AB, BA, Bt₁, Bt₂, Bt₃ do Nitossolo Bruno de Painei, o qual possui um gradiente natural de decréscimo de matéria orgânica no perfil. Neste, as determinações da curva de retenção e índice de retração foram realizadas com amostras de estrutura preservada e alterada. As curvas de retenção de água foram ajustadas considerando o volume dos cilindros volumétricos (método tradicional) e considerando o volume real do solo, após a retração. O índice de retração foi relacionado com o índice de plasticidade dos solos. O índice de retração foi maior nas amostras com estrutura preservada, em relação as amostras com estrutura alterada, ressaltando o efeito da organização das partículas primárias no processo de retração. As curvas de retenção de água no solo, são afetadas pela variação de volume que acontece com o secamento. Assim, é recomendado que o ajuste das referidas curvas seja realizado considerando o volume real do solo em cada potencial matricial aplicado. Este ajuste diminui os erros, principalmente na determinação do ponto de murcha permanente e da água disponível.

Palavras-chave: caráter retrátil, contração, expansão.

ABSTRACT

Soils with the retractile character were identified mainly in the altimontanos plateaus of the southern region of Brazil. They show cracks in the profile when exposed to drying. This feature is inserted in the Brazilian Soil Classification System as of the 2013 edition, as a criterion for classifying Latosols and Nitosols. We lack information to understand the process of soil retraction. Therefore, the objective of this study was to analyze physical properties and their relationships with retraction index (IR), as well as to analyze the effect of retraction on water retention. Six profiles were selected in the States of Santa Catarina and Rio Grande do Sul which have a retractile character and an Ebony Vertisol in Rio Grande do Sul, for comparison. For this, the following analyzes were carried out: granulometry, consistency limits (LL, LP, LPeg, IP), soil density (Sd), total porosity (TP), micropores and macropores, specific surface area (SSA), RI, soil organic matter (SOM) and WSRC. In addition, to analyze the effect of the structure and the SOM in the RI, samples were collected on the horizons A, AB, BA, Bt1, Bt2, Bt3 of the Bruno Nitossolo of Painei, which has a natural gradient of SOM decrease in the profile. In this, the WSRC and IR determinations were performed with preserved and altered structure samples. The WSRC were adjusted considering the volume of the volumetric cylinders (traditional method) and considering the real volume of the soil, after the retraction. RI was related to soil plasticity index. The RI was higher in the samples with preserved structure, in relation to the samples with altered structure, emphasizing the effect of the organization of the primary particles in the retraction process. The water retention curves in the soil are affected by the volume variation that occurs with the drying. Thus, it is recommended that the adjustment of said curves be performed considering the actual volume of the soil at each applied voltage. This adjustment reduces errors, especially in determining the permanent wilting point and available water.

Key words: retractile character, shrinkage, expansion

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Perfil do solo: Rocha, saprólito, regolito.	31
Figura 2 - Mapa com a distribuição dos Nitossolos no Brasil.	34
Figura 3 - Mapa com a distribuição dos Latossolos no Brasil.	35
Figura 4 - Mapa com a distribuição dos Vertissolos no Brasil.	35
Figura 5 - Imagens mostrando a aproximação dos minerais com o secamento da amostra de solo nos potenciais de -3 kPa (-0,032 bar), -100 kPa (-1 bar) e -1.000 kPa (-10 bar).	39
Figura 6 - Componentes básicos estruturais da argila silicatadas: (a) estrutura tetraédrica e octaédrica simples; (b) ligação das lâminas tetraédricas e octaédricas.	40
Figura 7 - Organização das moléculas de água no estado líquido e representação da monocamada de água dentro da entrecamada do argilomineral.	41
Figura 8: Esquema das forças agindo sobre a molécula: A) Interface água-ar com as forças de coesão desequilibrando a molécula; B) no meio líquido com as forças equilibradas.	42
Figura 9 - NB _{PAI} - Nitossolo Bruno Distrófico típico, com caráter retrátil, localizado no município de Paineira/SC.	45
Figura 10 - LB _{VAC} - Latossolo Bruno Distrófico típico, com caráter retrátil, localizado no município de Vacaria/RS.	46
Figura 11 - LV _{CN} - Latossolo Vermelho Distrófico retrático, com caráter retrátil, localizado no município de Campos Novos/SC.	46
Figura 12 - NB _{PS} - Nitossolo Bruno Distrófico húmico, com caráter retrátil, localizado no município de Ponte Serrada/SC.	47
Figura 13 - NB _{CUR} - Nitossolo Bruno Distrófico húmico, com caráter retrátil, localizado no município de Curitiba/SC.	47
Figura 14 - LB _{VAR} - Latossolo Bruno Distrófico nitossólico, com caráter retrátil, localizado no município de Vargeão/SC.	48
Figura 15- VE _{SL} – Vertissolo Ebânico Órtico chernossólico, localizado no município de Santana do Livramento/RS.	48
Figura 16 - Método de quantificação da retração do solo: (A) coleta do cilindro volumétrico; (B) vedação da parte inferior do cilindro volumétrico; (C) preenchimento do cilindro volumétrico com areia; (D) anéis depois de preenchidos com areia.	52
Figura 17 - Procedimento da análise da retração nos pontos mensurados da CRAS.	53
Figura 18 - Triângulo textural dos horizontes A e B dos solos com o caráter retrátil.	55
Figura 19 - Índice de retração dos solos* determinado através do método do preenchimento do cilindro volumétrico com areia - IR.	59
Figura 20 - Análise de componentes principais das propriedades físicas do solo: densidade de partículas (Dp), granulometria (areia, silte e argila), grau de floculação (GF), matéria orgânica (MOS), área superficial, limites de liquidez (LL), de plasticidade (LP) e de pegajosidade (LPeg), índice de plasticidade (IP) e porosidade total (PT) e o índice de retração (IR).	61
Figura 21 – IR nos diferentes horizontes do Nitossolo Bruno – Paineira/SC com diferentes teores de MOS, em amostras com estrutura preservada e alterada.	62
Figura 22 – Distribuição de poros dos horizontes A, AB, BA, Bt1, Bt2 e Bt3 do Nitossolo Bruno – Paineira/SC, com estrutura preservada e alterada.	64
Figura 23 - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Latossolo Vermelho de Campos Novos – SC (LV _{CN}).	65
Figura 24 - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Nitossolo Bruno de Paineira – SC (NB _{PAI}).	66

Figura 25 - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Latossolo Bruno de Vacaria – RS (NB_{Vac}).	66
Figura 26 - - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Nitossolo Bruno de Curitiba – SC (NB_{Cur}).	67
Figura 27 - - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Nitossolo Bruno de Ponte Serrada – SC (NB_{PS}).	67
Figura 28 - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Latossolo Bruno de Vargeão – SC (LB_{Var}).	68
Figura 29 - - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Vertissolo Ebânico – Santana do Livramento – RS (VE_{SL}).	68
Figura 30 - Alteração dos parâmetros α , n e m e modificações no formato das curvas de retenção de água.	73
Figura 31 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Latossolo Vermelho de Campos Novo – SC.	75
Figura 32 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Nitossolo Bruno de Paineira - SC.	75
Figura 33 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Latossolo Bruno de Vacaria - RS.	76
Figura 34 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Nitossolo Bruno de Curitiba – SC.	76
Figura 35 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Nitossolo Bruno de Ponte Serrada - SC.	77
Figura 36 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Latossolo Bruno de Vargeão - SC.	77
Figura 37 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, do horizonte A do Vertissolo Ebânico – RS.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos poros do solo, suas características e algumas funções de cada classe	38
Tabela 2 – Percentual dos argilominerais que compõem as amostras de Latossolos e Nitossolos, estimados pelo software NEWMOD® para os horizontes A e B dos perfis estudados, na fração argila total.	41
Tabela 3 – Identificação, classificação, cidade e localização dos perfis de solo coletados nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul com a presença de retração.	44
Tabela 4 – Descrição da litologia, formação geológica, cronologia, altitude, relevo e vegetação primária dos solos.	45
Tabela 5 - MOS e Ds dos horizontes do Nitossolo Bruno coletado em Pánel SC.	51
Tabela 6 - Valores médios de densidade solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (PT), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), matéria orgânica do solo (MOS), limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP), limite de pegajosidade (LPeg), índice de plasticidade (IP) e área superficial específica (ASE).	57
Tabela 7 - Correlação dos atributos do solo: índice de retração (IR), densidade de partículas (Dp), granulometria (areia, silte e argila), grau de floculação (GF), matéria orgânica (MOS), área superficial, limites de líquidos (LL), de plasticidade (LP) e de pegajosidade (LPeg), índice de plasticidade (IP) e porosidade total (PT).	60
Tabela 8 – Potencial matricial dos solos submetidos a secamento a temperaturas de 30° e 60°C, e a umidade volumétrica remanescente após o secamento até 105°C.	71
Tabela 9 – Percentagem (%) de retração dos solos com o aumento do potencial matricial de água durante o secamento do solo.	72
Tabela 10 - Parâmetros da equação de van Genuchten, para os dois procedimentos de ajuste das curvas, um considerando o volume do cilindro, e outro considerando o volume de solo retraído (aj), para os horizontes A e B dos solos.	74
Tabela 11 – Diferenças de valores de CC, PMP e AD para os horizontes A e B dos solos retraíveis calculados pelo método padrão em relação ao método da CRAS ajustada pela retração do solo.	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Água disponível
ASE	Área superficial específica
CC	Capacidade de campo
CRAS	Curva de retenção de água no solo
Dp	Densidade de partícula
Ds	Densidade do solo
EGME	Etilenoglicol monoetil éter
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
IP	Índice de plasticidade
LL	Limite de liquidez
LP	Limite de plasticidade
LPeg	Limite de pegajosidade
MOS	Matéria orgânica do solo
PMP	Ponto de murcha permanente
PT	Porosidade total
WP4	Water Potential four
SiBCS	Sistema brasileiro de classificação de solos
TFSA	Terra fina seca ao ar

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grau Celsius
μm	Micrometro
Bar	Bar
cm	Centímetro
dm	Decímetro
g	Grama
K	Potássio
kg	Quilograma
Ks	Condutividade hidráulica saturada
L	Litro
m ²	Metro quadrado
mL	Mililitro
mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal
NaOH	Hidróxido de sódio
nm	Nanômetro
Θ _r	Umidade residual
Θ _v	Umidade volumétrica
ψ _m	Potencial matricial

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	27
1.1 HIPÓTESES	29
1.2 OBJETIVOS	30
1.2.1 Objetivo geral	30
1.2.2 Objetivos Específicos	30
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
2.2 SOLOS RETRÁTEIS, RELAÇÕES E DESENVOLVIMENTO.....	31
2.1.1 Solos: conceitos e desenvolvimento.....	31
2.1.2 Caráter Retrátil	33
2.1.3 Processo de retração e expansão	36
2.1.4 Retenção de água e relação com a retração do solo	37
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SOLOS	44
3.2 ATRIBUTOS DO SOLO.....	49
3.2.1 Granulometria e consistência do solo.....	49
3.2.1 Densidade e porosidade do solo	49
3.2.1 Área Superficial Específica	50
3.3 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO	50
3.3.1 Relação da MOS com a estrutura	50
3.4 RETRAÇÃO DO SOLO	51
3.4.1 Relação entre potencial matricial e retração do solo.....	53
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1 RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS E A RETRAÇÃO DO SOLO	55
4.2 RELAÇÃO DA ESTRUTURA E MOS COM A RETRAÇÃO DO SOLO	61
4.2.1 Variação do potencial matricial (Ψ_m) e da retração dos solos.....	65
4.2.3 Ajuste das curvas considerando a retração do solo	72
5 CONCLUSÕES	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIA.....	85
ANEXOS.....	91

1 INTRODUÇÃO

Alguns solos brasileiros apresentam característica de forte contração e expansão, nos quais estão inclusos os que possuem alta quantidade de argilominerais expansivos e os com caráter retrátil. Há algum tempo a característica de forte retração em Latossolos e Nitossolos vem sendo investigada e foi objeto de discussão na Reunião de Classificação e Correlação de Solos que ocorreu em Santa Catarina no ano de 2008, na qual foi sugerida a inclusão do caráter retrátil no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), como critério para enquadramento dos referidos solos. A retração dos solos ainda é um tema pouco pesquisado e sua gênese não está bem esclarecida. Para os pesquisadores, é intrigante a condição de solos com predomínio de minerais não expansivos possuírem retração a ponto de formar fendas, e os blocos de solo se separarem do perfil.

Com a inserção do caráter retrátil no SiBCS em 2013, apenas com base na morfologia observada à campo, surgiu a necessidade de se realizar estudos para entender melhor o mecanismo de retração destes solos. Diante disto, em 2013, duas frentes de trabalho foram iniciadas com o objetivo de analisar o processo de retração. Uma para quantificar a retração, visto que até então não existia procedimento oficializado para sua quantificação. Outra para avaliar as características físicas e mineralógicas que se relacionam com a retração.

O desenvolvimento de um método para quantificar a retração foi concluído e adicionado ao conceito de retração no SiBCS. Em duas dissertações iniciadas em 2013 (Silva, 2015 e Testoni, 2015), além desta metodologia, alguns solos foram caracterizados para entender a origem deste processo, entretanto, tanto as características físicas quanto mineralógicas não permitiram um entendimento completo dos processos responsáveis pela retração. Diante do exposto sugere-se a ideia de que o processo de retração do solo não está somente relacionado as características físicas e mineralógicas, como se pensava no início daqueles estudos, mas também a modificações no arranjo entre as partículas e na porosidade durante o secamento e umedecimento. Ou seja, com o secamento, forças de coesão e adesão aproximam as partículas e os microagregados, e o tamanho dos poros diminui.

A principal dificuldade encontrada em estabelecer esta relação, é de maneira geral, provar através de imagens que este rearranjo ocorre, visto que, estamos analisando modificações em poros de tamanho diminuto (inferiores a 2 μm) e as técnicas de imagens que estão disponíveis são pouco acessíveis, pois busca-se acompanhar o processo de secamento e a modificação de poros, e na maioria das técnicas a água impede a clareza do processo.

Outro problema identificado em solos que apresentam retração é relativo ao volume de solo utilizado para determinar a curva de retenção de água no solo, pois tradicionalmente ao construí-la não se considera o volume real do solo, e sim o volume do solo não retraído (volume do cilindro de metal). Entretanto, em solos com retração, o volume muda consideravelmente, principalmente no ramo mais seco da curva, em potenciais mais negativos, e com isso gera dados errôneos de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível.

Desta forma buscou-se neste trabalho estabelecer relações entre as propriedades do solo e a retração, bem como auxiliar na metodologia da confecção da curva de retenção de água no solo considerando o processo de retração.

1.1 HIPÓTESES

Hipótese 1: A retração dos solos com caráter retrátil inicia quando o solo está com umidade elevada, mas esse processo é intensificado em potenciais matriciais menores.

Hipótese 2: As causas da retração não se devem somente a presença de argilominerais expansíveis, mas também da redução no diâmetro dos poros, ao conteúdo de matéria orgânica e das alterações na estrutura decorrentes das mudanças no volume do solo.

Hipótese 3: A retração que ocorre em alguns solos deve ser considerada nos cálculos que originam a curva de retenção de água para evitar erros na determinação da capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar os atributos que atuam no processo de retração do solo bem como quantificar a intensidade da retração para cada potencial matricial de retenção de água e considerar o efeito da retração na determinação da umidade volumétrica do solo utilizada nas curvas de retenção de água nos solos de caráter retrátil.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os atributos do solo que auxiliam no processo de retração do solo;
- Estabelecer a influência da matéria orgânica do solo e da estrutura na retração dos solos;
- Identificar a intensidade do processo de retração em cada potencial matricial ou umidade do solo;
- Calcular a umidade volumétrica considerando o volume inicial do solo e o volume retraído para determinar as curvas de retenção de água;

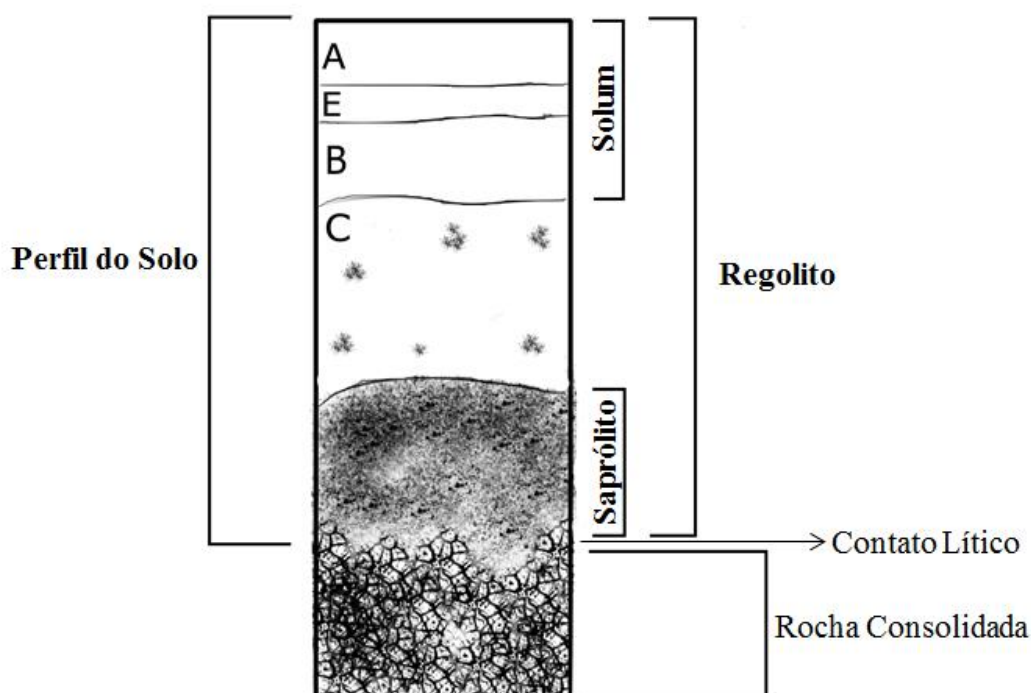
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2 SOLOS RETRÁTEIS, RELAÇÕES E DESENVOLVIMENTO

2.1.1 Solos: conceitos e desenvolvimento

O conceito da palavra solo depende basicamente do meio em que ele é tratado. Existem conceitos básicos de solo, que se destacam de acordo com o uso que lhes são atribuídos: solo como meio de crescimento e desenvolvimento para as plantas; como regolito; como sistema natural organizado e como sistema aberto (modificado de KÄMPF & CURI, 2012). (Figura 1).

Figura 1- Perfil do solo: Rocha, saprólito, regolito.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A partir do século XIX, através de um estudo realizado pelo russo Vassilii Vasil'evich Dokuchaev, difundido mundialmente no I Congresso Internacional de Ciência do Solo (1927) nos EUA, o solo como ciência passa a ser consolidado. Fruto disso, em 1930, Chas F. Shaw formula a primeira equação relacionando os fatores de formação dos solos:

$$S=M(C+V)^T+D$$

Onde: S = solo, M = material de origem, C = clima, V = organismos vivos, T = tempo,
D = modificação por erosão

Mais tarde, Hans Jenny (1941) a reescreveu da seguinte forma:

$$S=f(c,o,r,mo,t...)$$

Onde: S=solo, f=função, c=clima, o=organismos, r=relevo, mo=material de origem, t=tempo

O solo é um sistema complexo, influenciado diretamente pelo meio, e suas características dependem do local onde ele ocorre e da sua gênese. A composição dos solos depende da rocha que foi intemperizada para em sua formação. A intensidade dos fatores de formação resulta na existência de diversos tipos de solos, os quais expressam características do clima, vegetação e material de origem de um determinado local. Devido a essas particularidades, se fez necessário o agrupamento de algumas características coincidentes aos solos, para que assim pudessem ser classificados e tornar sua diferenciação mais prática e fácil.

No Brasil, os primeiros levantamentos de solos foram realizados a partir 1947, com a criação da Comissão de Solos. Em 1970, como resultado de levantamentos de solos executados e as Reuniões de Correlação e Classificação de Solos realizadas em toda a extensão territorial, foi organizado um grupo de trabalho, coordenado pela Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da Embrapa, para sistematizar os dados disponíveis em um sistema de classificação dos solos. Em 1979 os resultados foram compilados num documento considerando os conceitos da Classificação Americana de Solos e da FAO–UNESCO (JACOMINE, 2009).

A evolução até um sistema de classificação se deu através de aproximações, documentos de distribuição restrita entre pedólogos, que buscavam reunir contribuições para a construção através do Comitê Executivo de Classificação de Solos (JACOMINE, 2009).

Embora recente quando comparados ao Soil Taxonomy (SSS,1974) e ao sistema da FAO (WRB, 1998), os resultados expressam anos de estudos e aproximações, geradas principalmente pela necessidade de uma classificação específica para os nossos solos, e que fossem construídas a partir de características inerentes as condições físicas e climáticas do Brasil. Após quatro aproximações, em 1999 foi publicada a 1ª Edição da nova classificação de solos (EMBRAPA, 1999), o qual foi atualizado em 2006 (EMBRAPA, 2006), 2013 (EMBRAPA, 2013) e a mais recente em 2018 (EMBRAPA, 2018).

O sistema tem 13 ordens de solos, que são costumeiramente classificadas em quatro níveis categóricos, usando como base sete horizontes diagnósticos superficiais e 17 horizontes diagnósticos subsuperficiais, e dezenas de caracteres que auxiliam na melhor distinção dos solos.

A seguir será abordado o tema específico deste estudo, o caráter retrátil, inserido na classificação publicada em 2013.

2.1.2 Caráter Retrátil

O caráter retrátil está em fase de estudo e seu conceito em fase de elaboração. Desde sua inserção no sistema de classificação, em 2013, e na quarta edição lançada em 2018, sua descrição aparece demarcada como em fase de validação. Isso ocorre devido as dúvidas sobre a origem desta retração, visto que se pensava que o processo estava ligado apenas a mineralogia do solo.

Na edição de 2013 (EMBRAPA, 2013, p. 37 – 38) consta a seguinte informação sobre caráter retrátil:

É usado para classes de Latossolos e Nitossolos, ambos Brunos e Vermelhos, de textura argilosa e muito argilosa, que apresentam retração acentuada da massa do solo após a exposição dos perfis ao efeito de secamento por algumas semanas, resultando na formação de fendas verticais pronunciadas e estruturas prismáticas grandes e muito grandes, que se desfazem em blocos quando manuseadas. Nos cortes com maior exposição solar, os blocos tendem naturalmente a se individualizar em unidades estruturais cada vez menores que se desprendem da massa do solo e se acumulam na parte inferior do perfil, configurando uma forma triangular semelhante a uma “saia” ao se observar lateralmente a seção vertical do perfil. Embora, nesses solos, predomine a caulinita, o caráter retrátil decorre possivelmente da presença de argilominerais 2:1 com hidróxi-Al entrecamadas (vermiculita com hidróxi-Al e esmectita com hidróxi-Al), interestratificados caulinita-esmectita e/ou da pequena dimensão dos argilominerais presentes na fração argila. Este caráter é típico de alguns solos encontrados sob condições de clima subtropical úmido dos planaltos alto-montanos do sul do Brasil.

Na edição de 2018, a descrição no sistema não foi alterada, apenas foi acrescida da sugestão de quantificação proposta por Silva (2017), pois até então se considerava que os Latossolos e Nitossolos, Brunos e Vermelhos, apresentavam retração, mas ela não era mensurada. A partir da quantificação proposta em 2017, passou a ser possível indicar se o solo possui um índice de retração (IR) maior ou menor.

Diante destas informações, os solos utilizados para o desenvolvimento deste estudo são os Latossolos e Nitossolos (Figura 2 e Figura 3) que apresentam o caráter retrátil e ocorrem em todo o território. Além destes, também um Vertissolo que apresenta contração e expansão será analisado para fins de comparação.

Os Latossolos são solos em avançado nível de intemperização, sendo que geralmente os minerais primários e os secundários menos resistentes já não existem nesses solos.

Normalmente profundos, sua ocorrência se dá em todos os estados brasileiros. Os Nitossolos são solos homogêneos, argilosos e bem estruturados de avançada evolução pedogenética (EMBRAPA, 2018). Os Vertissolos são menos expressivos no território brasileiro quando comparados aos Latossolos e Nitossolos. São “solos constituídos por material mineral com horizonte vértico iniciando dentro de 100 cm a partir da superfície e relação textural insuficiente para caracterizar um horizonte B textural” (EMBRAPA, 2018, p. 85), o horizonte vértico apresenta as seguintes características segundo o SiBCS:

É um horizonte mineral subsuperficial que, devido à expansão e contração das argilas, apresenta feições pedológicas típicas, que são as superfícies de fricção (slickensides) em quantidade no mínimo comum, e/ou unidades estruturais cuneiformes e/ou paralelepípedicas (Santos et al., 2015), cujo eixo longitudinal está inclinado a 10° ou mais em relação ao plano horizontal, e fendas em algum período mais seco do ano com pelo menos 1 cm de largura. A sua textura mais frequentemente varia de argilosa a muito argilosa, admitindo-se, na faixa de textura média, um mínimo de 300 g kg⁻¹ de argila... (EMBRAPA, 2018, p. 37).

Figura 2 - Mapa com a distribuição dos Nitossolos no Brasil.



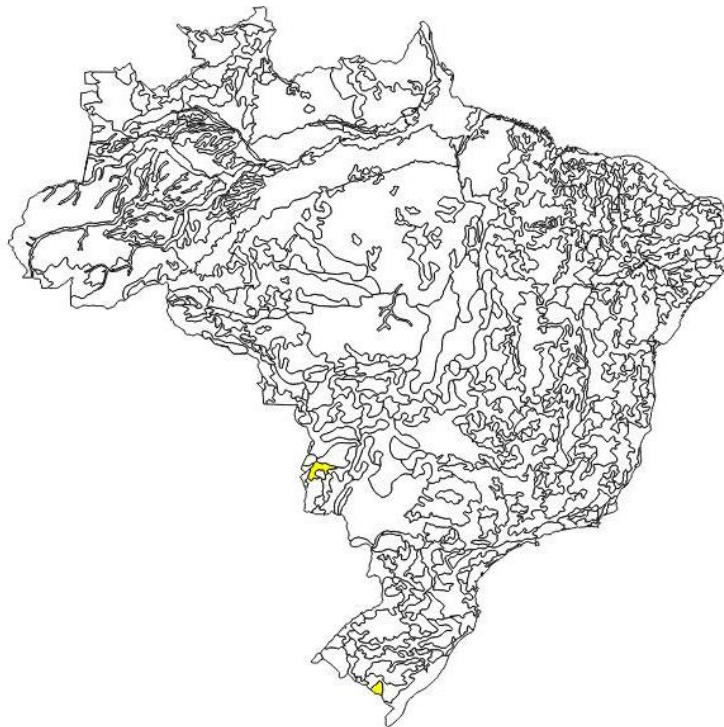
Fonte: Adaptado do Atlas Nacional do Brasil, (IBGE, 2007).

Figura 3 - Mapa com a distribuição dos Latossolos no Brasil.



Fonte: Adaptado do Atlas Nacional do Brasil, (IBGE, 2007).

Figura 4 - Mapa com a distribuição dos Vertissolos no Brasil.



Fonte: Adaptado do Atlas Nacional do Brasil, (IBGE, 2007).

De modo geral são solos pouco profundos, mal drenados, muito plásticos e pegajosos, com predominância de argilominerais 2:1, possuem boas propriedades químicas, entretanto as físicas são ruins, pois são muito duros quando secos e muito duros quando plásticos, características contrárias aos Latossolos e Nitossolos, os quais são quimicamente mais pobres devido ao maior intemperismo, entretanto fisicamente fáceis de trabalhar, apresentam estrutura e consistência favoráveis ao manejo.

A seguir constam os mapas com a distribuição dos Latossolos, Nitossolo e Vertissolos no Brasil. Em função da escala do mapa, muitas áreas de ocorrência destes solos não estão representadas, mas fica claro que a proporção de Vertissolos e Nitossolos é bem inferior à do Latossolo.

Embora alguns estudos já tenham sido feitos, há a necessidade de um aprofundamento em relação aos fatores que desencadeiam a retração, pois este altera as condições do solo e das culturas ali existentes, podendo deixar as raízes expostas e podendo até romper.

Até o momento identificou-se o processo de retração em Latossolos e Nitossolos no Sul do Brasil, entretanto este processo não é restrito somente a estas ordens. Como se trata de um caráter novo no sistema de classificação, é possível que ele possa ser incluído na descrição de outras classes de solos, pois o SiBCS está em constante evolução.

2.1.3 Processo de retração e expansão

Solos expansivos ou com retração mostram mudanças de volume acentuada com o aumento ou diminuição do teor de umidade. Essas propriedades são mais comumente encontrada em solos que contenham minerais argilosos susceptíveis à entrada e saída das moléculas de água em sua estrutura (CARTER & BENTLEY, 2016).

Processos distintos aparecem quando o solo seca ou é umedecido. Ao secar, o solo diminui seu volume e retrai, e fendas aparecem devido a tensões internas na massa do solo. Essas fendas são criadas em planos de fraqueza pré-existentes entre unidades estruturais do solo. Ao umedecer o solo aumenta o seu volume, as fissuras são fechadas e o nível da superfície do solo aumenta (TABOADA, 2003).

Nos solos retráteis o mecanismo que faz com que o volume diminua ainda não está devidamente esclarecido. Sabe-se que com o processo de secamento começam a aparecer fendas, e estas se intensificam quanto mais seco vai ficando o solo.

2.1.4 Retenção de água e relação com a retração do solo

A água é elemento essencial na formação dos solos e no desenvolvimento da vida (Reichardt & Timm, 2000), tanto para animais como para as plantas. O solo em sua composição é formado basicamente por três partes, sólida, líquida e gasosa. A fração sólida varia de tamanho desde partículas coloidais a partículas de tamanho que podem ser vistos a olho nú, e esse conjunto de partículas determina a granulometria (Ferreira, 2010), que é a percentagem de argila, silte e areia dos solos. O arranjo e a união dessas partículas origina a estrutura do solo. Juntos, partículas primárias e estrutura determinam a porosidade e, assim, o fluxo e a retenção de água no solo.

A relação entre a umidade e a energia de retenção da água é avaliada através da curva de retenção de água no solo (CRAS). Atualmente é um procedimento amplamente utilizado para a análise da capacidade de infiltração, do armazenamento e da disponibilidade de água em diferentes solos, horizontes e sistemas de manejo em especial para o manejo da irrigação (Tormena & Silva, 2002). A CRAS expressa a relação entre o potencial matricial de água no solo e sua umidade (volumétrica ou gravimétrica).

Este método é tradicionalmente utilizado de modo indiscriminado para todos os solos, sem que haja uma averiguação do mecanismo de contração dos solos no decorrer da análise. Quando são analisados solos que tem seu volume alterado durante a análise, percebe-se que a relação entre volume de água retida em relação ao volume de solo muda nos solos retráteis. Isso acontece porque o método adota um volume único de solo para todos os pontos da curva, sem considerar a redução de volume do solo que está em secamento. Este processo pode acarretar erros no cálculo da CRA dos solos com retração, como Latossolos e Nitossolos com caráter retrátil, Vertissolos e outros que variam de volume devido ao alto teor de matéria orgânica como alguns Cambissolos e Organossolos.

Comumente, fala-se do rearranjo das partículas de solo quando ocorre a compactação, entretanto como demonstrado por Tessier (1984), os microporos podem mudar de forma e tamanho quando o solo é submetido a um processo de secamento, mesmo aqueles pequenos, como os com diâmetro inferior a 0,2 μm . Como pode ser visto na Tabela 1, nestes poros a água

está fortemente retida (potencial inferior a -1.500kPa) e a energia exigida para movimentá-la é grande. Se refere, principalmente a água retida nos ultramicroporos e criptoporos.

Tabela 1 - Classificação dos poros do solo, suas características e algumas funções de cada classe

Classe Simplificada	Classe	Diâmetro efetivo, μm	Faixa de Potencial matricial, kPa	Características
Macroporos	Macroporos	>50	> -6	Geralmente entre unidades estruturais; drenagem de água gravitacional; difusão de gases, tamanho suficiente para acomodar raízes e habitat de certos animais do solo
Microporos	Mesoporos	$30 - 50$	$-6, -10$	Retenção de água; movimento de água por capilaridade habitat de fungos e raízes mais finas.
	Microporos	$0,2 - 30$	$-10, -1.500$	Geralmente encontrados dentro das unidades estruturais; retenção de água disponível às plantas e habitat da maioria das bactérias.
	Ultramicroporos	$0,1 - 0,2$	$-1.500, -3.100$	Presentes em solos argilosos; retenção de água não disponível as plantas; seu tamanho exclui a maioria dos micro-organismos.
	Criptoporos	$<0,1$	< -3.100	Seu tamanho exclui todos os micro-organismos e moléculas de maior tamanho.

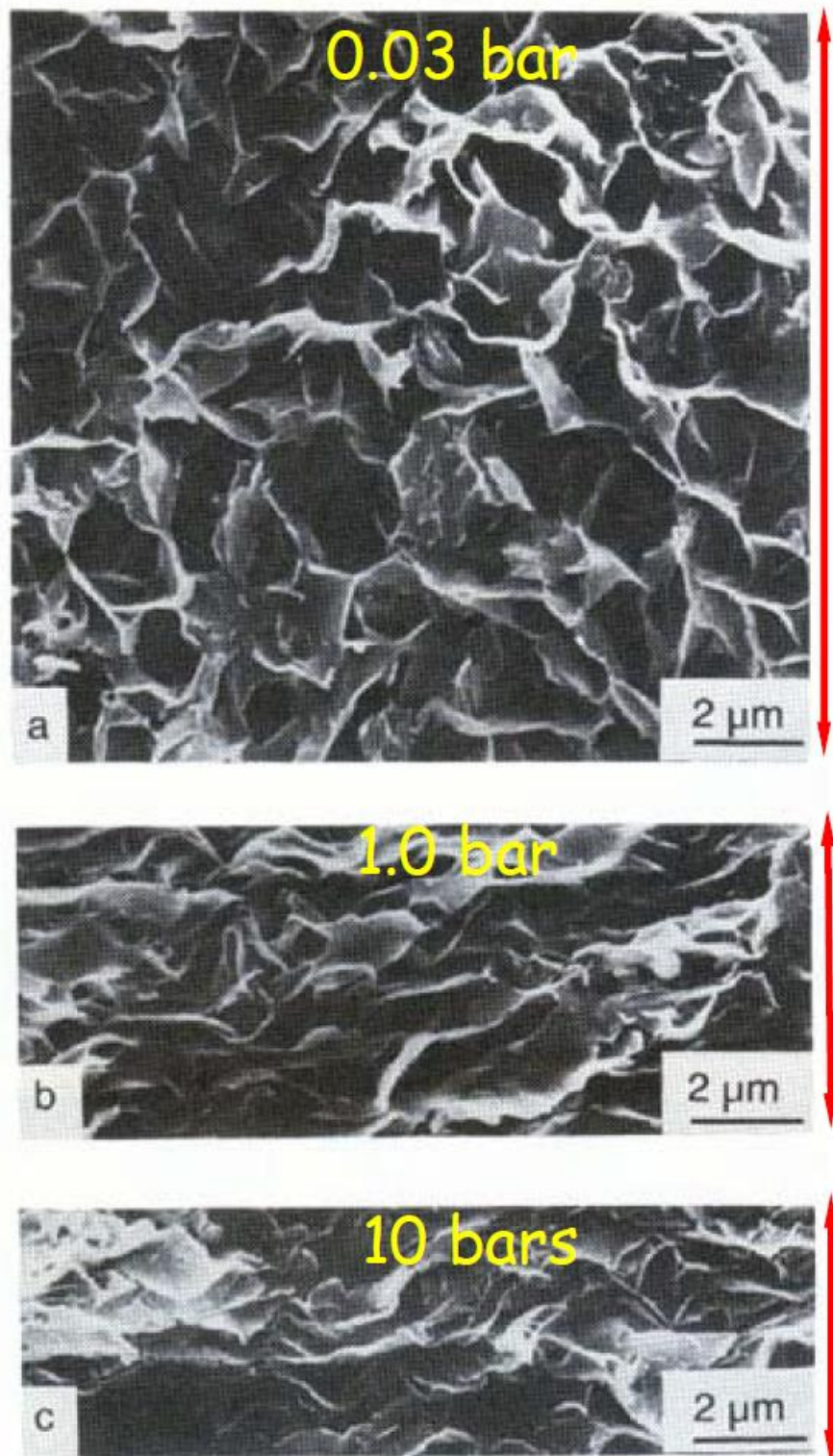
Fonte: Calculado pela equação de Kelvin da capilaridade

A alteração no volume do solo está atrelada a uma série de fatores. Taylor e Smith (1986) alegam que as mudanças de volume ocorrem devido a mecanismos físico-químicos, como por exemplo atração superficial das partículas, atração esta que é influenciada pela umidade do solo.

Nos solos retráteis acredita-se que a saída de água dos poros pequenos provoque um rearranjo nas partículas minerais como mostrado por Tessier (1984) (Figura 5), e altere o volume dos solos. Esta retração ocorre em escalas pequenas (μm). Os solos do presente estudo são muito argilosos, que tem como argilomineral predominante a caulinita (Testoni, 2015), mineral formado por uma estrutura de lâminas e camadas do tipo 1:1, não expansiva. A rigidez ocorre pelo fato de as camadas estarem unidas por ligação OH-O, que impede que moléculas de água penetrem entre as camadas do mineral (Melo & Wypych, 2009). Em solos argilosos o número de partículas e consequentemente de poros formados entre elas é elevado. Desta forma,

o somatório da contração de cada poro resulta em elevada força de adesão e coesão do sistema, com a retração da massa total de solo, o que faz com que o processo seja perceptível a campo.

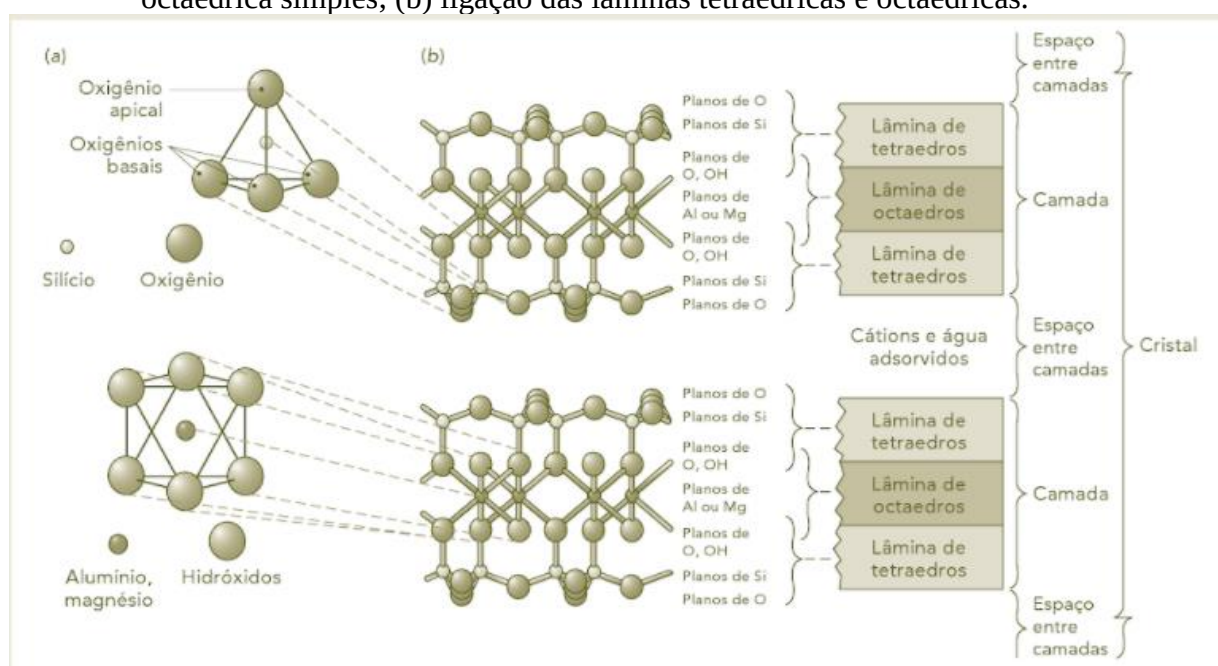
Figura 5 - Imagens mostrando a aproximação dos minerais com o secamento da amostra de solo nos potenciais de -3 kPa (-0,032 bar), -100 kPa (-1 bar) e -1.000 kPa (-10 bar).



Fonte: Adaptado de Tessier (1984)

Para tentar avaliar quais poros estão contribuindo para o processo de retração, será feita uma consideração teórica sobre o tamanho das moléculas de água, dos espaços entrecamadas dos argilominerais, bem como dos poros formados entre partículas. Em um primeiro momento é importante entender a organização estrutural dos minerais de solos com predominância de argilas silicatadas. Como pode ser visto na Figura 6a primeiramente são formadas as lâminas, por tetraedros e octaedros. Estas lâminas podem ser empilhadas com lâminas adjacentes, ligadas pelo compartilhamento de alguns átomos de oxigênio. Nos cristais de argila, Figura 6b, milhares dessas lâminas de tetraedros e octaedros estão interligadas, formando planos de silício e alumínio (ou magnésio). As diferentes combinações formadas pelas lâminas tetraedrais e octaedrais são chamadas de camadas (Brewer (1964), Brady & Weil (2012)).

Figura 6 - Componentes básicos estruturais da argila silicatadas: (a) estrutura tetraédrica e octaédrica simples; (b) ligação das lâminas tetraédricas e octaédricas.



Fonte: Brady & Weil (2012)

Segundo Testoni (2017) os principais argilominerais dos solos com caráter retrátil, tem na fração argila predomínio de caulinita, de interestratificados caulinita-esmectita (KS) e esmectita em camada intermediária de hidróxi-Al (2: 1). Considerando então a formação das camadas dos minerais e os minerais presentes nestes solos, pode-se inferir teoricamente que: uma monocamada de água tem uma espessura próximo de $0,00035 \mu\text{m}$ (Figura 7); o diâmetro médio dos cristais da caulinita está entre $0,2$ a $2 \mu\text{m}$, podendo variar de $0,1$ a $5 \mu\text{m}$; que o espaçamento entrecamadas da caulinita é de $0,00072 \mu\text{m}$ e da esmectita varia de $0,001$ a $0,002$

μm (Dixon & Weed, 1989); que na caulinita não existe expansão entrecamadas, enquanto na esmectita esta expansão ocorre conforme o tipo de cátion e umidade do solo (Dixon & Weed, 1989; Melo & Wypych, 2009). Desta forma, a esmectita pode conter três monocamadas quando estiver contraída e até cinco monocamadas quando estiver expandida. Para que a esmectita contraia durante o secamento, parte desta água deveria ser removida e isso só ocorreria quando a umidade do solo estivesse extremamente baixa (potenciais muito negativos).

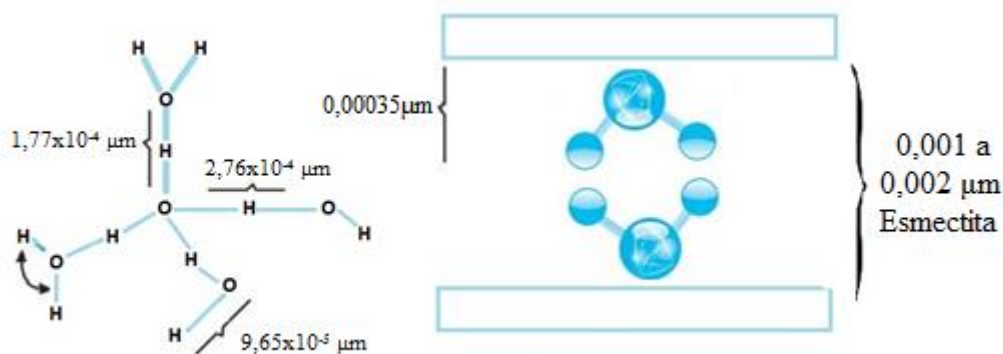
Tabela 2 – Percentual dos argilominerais que compõem as amostras de Latossolos e Nitossolos, estimados pelo software NEWMOD® para os horizontes A e B dos perfis estudados, na fração argila total.

Profile	Horizon	2:1 HI Mineral	Kaolinite K-S Gibbsite		
			----- % -----		
LB _{VAC} *	A	26	43	31	-
	B	23	39	38	-
LV _{CN}	A	22	41	37	-
	B	20	40	40	-
NB _{CUR}	A	20	40	40	-
	B	16	41	43	-
NB _{PS}	A	30	34	36	-
	B	17	41	42	-
LB _{VAR}	A	22	38	40	-
	B	24	38	38	-
NB _{PAI}	A	24	38	38	-
	B	21	39	40	-

Fonte: Adaptado de Testoni et al, 2017

*NB_{PAI}: Nitossolo Bruno - Painel/SC; LB_{VAC}: Latossolo Bruno - Vacaria/RS; LV_{CN}: Latossolo Vermelho - Campos Novos/SC; NB_{PS}: Nitossolo Bruno - Ponte Serrada/SC; NB_{CUR}: Nitossolo Bruno - Curitiba/SC; LB_{VAR}: Latossolo Bruno - Vargeão/SC;

Figura 7 - Organização das moléculas de água no estado líquido e representação da monocamada de água dentro da entrecamada do argilomineral.



Fonte: Elaborado pela autora.

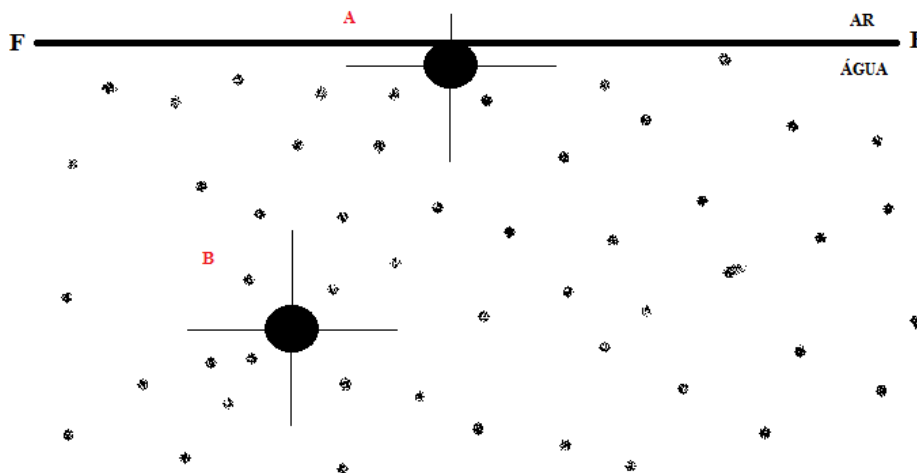
O espaço poroso do solo quando não saturado, é ocupado por quantidades variáveis de água e ar. Nesta situação, a retenção ocorre nos poros capilares, onde a capilaridade está associada a uma interface água-ar (Libardi, 2010). Como mostrado acima, a superfície dos argilominerais são recobertas por átomos de oxigênio e oxidrilas, com cargas negativas devido a substituição isomórfica. Desta forma, cria-se ao redor das partículas um campo elétrico que perde força quanto mais distante da superfície das partículas, até o ponto de influência deste campo ser nula. Na Figura 8, podemos ver que as moléculas da superfícies são atraídas para dentro do líquido, onde o meio é mais denso, com forças maiores do que as que estão na fase gasosa. Essas forças não equilibradas fazem com que as moléculas da superfície tendam para o interior, com isso a superfície tende a contrair (Reichardt & Timm, 2006). Quando a superfície do líquido contrai, ela diminui a sua área e aumenta sua energia potencial superficial (Libardi, 2005).

Considerando a situação acima, este líquido está num estado de constante tensão, pois a superfície do líquido está sendo puxada para ambos os lados por uma força (F) igual, perpendicular e paralela à superfície, definida como tensão superficial (σ):

$$\sigma = \frac{F}{L} \text{ N m}^{-1}$$

Quando a superfície do líquido deixa de ser plana, surge uma nova pressão (p) que pode atuar no mesmo sentido, no caso de uma superfície convexa e oposto no caso de uma superfície côncava. Logo, a pressão (p) é resultante de todas as forças dependendo da curvatura da superfície (Libardi, 2010).

Figura 8: Esquema das forças agindo sobre a molécula: A) Interface água-ar com as forças de coesão desequilibrando a molécula; B) no meio líquido com as forças equilibradas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando as forças que atuam na superfície do líquido, passamos a discorrer sobre o fenômeno da capilaridade. Segundo a fórmula de Laplace, as moléculas de água de dentro de um tubo capilar, assim que tocam o tubo suas moléculas são atraídas e faz com que se curvem para cima, logo a pressão interna no menisco do tubo é menor do que a pressão interna na superfície interna do líquido. Em capilares pequenos as forças de adesão da água com a parede do capilar podem ser elevadas, interferindo e elevando as forças capilares.

Assim, no potencial de -10 kPa os poros com diâmetro inferior a 30 μm possuem água em seu interior. No potencial de -1.500 kPa, os poros com diâmetro inferior a 0,2 μm tem água no seu interior. Desta forma, obedecendo a Lei da capilaridade, todos os minerais do tipo 1:1 e 2:1 terão água retida nas suas entrecamadas, mesmo quando o solo está próximo do PMP.

Com isso, é possível afirmar que a retração do solo esteja relacionada ao pequeno diâmetro dos cristais de caulinita, podendo ser comprovado pelo maior percentual de argila fina nos horizontes (Testoni et al.; 2017). Entre estes cristais ocorrem elevado número de poros de pequeno diâmetro e estes poros estarão sujeitos ao secamento e promoverão a contração do solo. Esta hipótese é reforçada pelos estudos desenvolvidos por Tessier (1984) e por Coulombe (1996), os quais afirmam que a contração se dá quando as forças de coesão e adesão aumentam, e isto ocorre desde o início do processo de secamento, ou seja, com poros de diâmetro classificados como microporos (5-30 μm), e também no avanço do secamento nos ultramicroporos (0,1 -5 μm). Como pode ser visto, são poros com diâmetros bem superior aos espaços formados nas entrecamadas da caulinita e mesmo de minerais 2:1 com hidróxido entrecamadas.

Diante disso, este estudo objetiva: medir a retenção de água em solos retráteis e construir as curvas de retenção de água no solo (CRAS) considerando dois procedimentos, um com o volume total do solo e outro com o volume de solo retraído (CRASaj); calcular a disponibilidade de água considerando os dois procedimentos de ajuste das CRAS; calcular o índice de retração em cada potencial matricial (Ψ_m) e identificar em qual Ψ_m o solo começa a retrair.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SOLOS

Foram selecionados quatro perfis de solos em Santa Catarina e dois no Rio Grande do Sul que apresentam caráter retrátil identificado à campo, conforme localização geográfica e classificação informadas na Tabela 3. O Vertissolo Ebânico de Santana do Livramento foi coletado para comparação com os demais, visto que o mecanismo de retração/expansão é intenso, devido a sua mineralogia 2:1.

Tabela 3 – Identificação, classificação, cidade e localização dos perfis de solo coletados nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul com a presença de retração.

Identificação	Classificação	Local	Localização
NB_{PAI}*	Nitossolo Bruno Distrófico típico	Painel - SC	27°53'42" S; 50°07'45" W
LB_{VAC}	Latossolo Bruno Distrófico típico	Vacaria - RS	28°30'47" S; 50°53'37" W
LV_{CN}	Latossolo Vermelho Distrófico retrático	Campos Novos - SC	27°22'35" S; 51°05'27" W
NB_{PS}	Nitossolo Bruno Distrófico húmico	Ponte Serrada - SC	26°51'23" S; 52°02'33" W
NB_{CUR}	Nitossolo Bruno Distrófico húmico	Curitibanos - SC	27°22'12" S; 50°34'46" W
LB_{VAR}	Latossolo Bruno Distrófico nitossólico	Vargeão - SC	26°51'13" S; 52°05'56" W
VE_{SL}	Vertissolo Ebânico Órtico chernossólico	Santana do Livramento - RS	30°42'05" S; 55°49'43" W

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

* NB_{PAI}: Nitossolo Bruno - Painel/SC; LB_{VAC}: Latossolo Bruno - Vacaria/RS; LV_{CN}: Latossolo Vermelho - Campos Novos/SC; NB_{PS}: Nitossolo Bruno - Ponte Serrada/SC; NB_{CUR}: Nitossolo Bruno - Curitibanos/SC; LB_{VAR}: Latossolo Bruno - Vargeão/SC; VE_{SL}: Vertissolo Ebânico - Santana do Livramento/RS

Os solos foram originados da formação Serra Geral, que se refere aos derrames e intrusivas que recobrem a Bacia do Paraná, que abrange toda a região centro-sul do Brasil (CPRM, 2007), e suas características de formação estão descritas na Tabela 4. A descrição morfológica dos solos consta nos anexos: NB_{PAI} (Figura 9)(Anexo A); LV_{CN} (Figura 11) (Anexo B); NB_{PS} (Figura 12) (Anexo C); NB_{CUR} (Figura 13) (Anexo D); LB_{VAR} (Figura 14) (Anexo E) (Descritos para a realização da VIII Reunião Nacional de Correlação e Classificação dos Solos de Santa Catarina (Santa Catarina, 2012); LB_{VAC} (Figura 10) (Anexo F) (Descrito em Embrapa, 2000); e o Vertissolo Ebânico (Figura 15) (Anexo G) (Descrito em Reinert et al., 2006).

Tabela 4 – Descrição da litologia, formação geológica, cronologia, altitude, relevo e vegetação primária dos solos.

Identificação****	Litologia	Formação Geológica		Cronologia	Altitude	Relevo Local	Vegetação Primária
		Grupo	Formação				
NB _{PAI} *	Basalto	São Bento	Serra Geral	Jurássico - Cretáceo	1150m	Ondulado	Floresta Ombrófila Mista
LB _{VAC} **	Basalto	São Bento	Serra Geral	Jurássico - Cretáceo	1000m	Suave ondulado	Campo
LV _{CN} *	Basalto	São Bento	Serra Geral	Jurássico - Triássico	939m	Suave ondulado	Campo Nativo
NB _{PS} *	Dacito	São Bento	Serra Geral	Jurássico - Triássico	1065m	Suave ondulado	Floresta Ombrófila Mista
NB _{CUR} *	Basalto	São Bento	Serra Geral	Jurássico - Cretáceo	1018m	Suave ondulado	Campo Nativo
LB _{VAR} *	Dacito	São Bento	Serra Geral	Jurássico - Cretáceo	1043m	Suave ondulado	Floresta Ombrófila Mista
VE _{SL} ***	Basalto	Escobar	Serra Geral	Cretáceo – Inferior	233m	Plano a Ondulado	Campo Nativo

Fonte: * Santa Catarina (2008); ** EMBRAPA (2000); *** Reinert et al. (2006).

* NB_{PAI}: Nitossolo Bruno - Painel/SC; LB_{VAC}: Latossolo Bruno - Vacaria/RS; LV_{CN}: Latossolo Vermelho - Campos Novos/SC; NB_{PS}: Nitossolo Bruno - Ponte Serrada/SC; NB_{CUR}: Nitossolo Bruno - Curitiba/SC; LB_{VAR}: Latossolo Bruno - Vargeão/SC; VE_{SL} Vertissolo Ebânico – Santana do Livramento/RS

Figura 9 - NB_{PAI} - Nitossolo Bruno Distrófico típico, com caráter retrátil, localizado no município de Painel/SC.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Figura 10 - LB_{VAC} - Latossolo Bruno Distrófico típico, com caráter retrátil, localizado no município de Vacaria/RS.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Figura 11 - LV_{CN} - Latossolo Vermelho Distrófico retrático, com caráter retrátil, localizado no município de Campos Novos/SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Figura 12 - NB_{PS} - Nitossolo Bruno Distrófico húmico, com caráter retrátil, localizado no município de Ponte Serrada/SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Figura 13 - NB_{CUR} - Nitossolo Bruno Distrófico húmico, com caráter retrátil, localizado no município de Curitibanos/SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Figura 14 - LB_{Var} - Latossolo Bruno Distrófico nitossólico, com caráter retrátil, localizado no município de Vargeão/SC.



Fonte: Jaime A. de Almeida, 2013.

Figura 15- VE_{SL} – Vertissolo Ebânico Órtico chernossólico, localizado no município de Santana do Livramento/RS.



Fonte: Juliano Silva Teles, 2017.

3.2 ATRIBUTOS DO SOLO

3.2.1 Granulometria e consistência do solo

A determinação da distribuição granulométrica do solo, para quantificação da areia (2–0,053 mm), silte (0,053–0,002 mm) e argila (< 0,002 mm) foram determinados pelo método da Pipeta (DAY, 1965) com três repetições. Em amostras com 50 g de solo seco ao ar foi realizada a dispersão química com a adição de 10 mL de hidróxido de sódio (NaOH 1N) e 70 mL de água destilada.

A argila natural ou argila dispersa em água foi determinada pelo mesmo procedimento descrito por Day (1965), mas sem a adição de NaOH 1N. Com base na determinação da argila total e da argila dispersa em água calculou-se o grau de floculação (GF) pela equação:

$$GF = \frac{AT - AD}{AT}$$

onde, AT é a argila total da amostra e AD é a argila dispersa em água.

A quantificação da argila total e argila dispersa foi através da coleta de alíquota de 50 mL com pipeta, em proveta de 1000 mL. A alíquota foi transferida para recipiente tarado, seco em estufa a 105°C e pesado. A fração areia, retida em peneira de 0,053 mm foi seca em estufa a 105°C e pesado. O conteúdo de silte foi quantificado por diferença.

O limite de liquidez (LL), de plasticidade (LP) e de pegajosidade (LPeg) e o cálculo do índice de plasticidade (IP) foram determinados pelo Método de Casagrande, conforme os critérios definidos por Atterberg e descritos em Embrapa (2017).

3.2.1 Densidade e porosidade do solo

Os anéis de solo com estrutura preservada foram limpos e retirado o excesso de solo da superfície do mesmo, sendo em seguida imersos em água destilada por 48 horas, pesados e equilibrados no potencial de -6 kPa. Após as amostras foram colocadas em estufa a 105°C e mantidas até atingirem peso constante (aproximadamente 72 horas). Com estas determinações (massa saturada, a -6 kPa e seco em estufa) foi calculada a densidade do solo (Ds), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e porosidade total do solo (PT) (EMBRAPA, 2017). A densidade de partículas (Dp) foi determinada pelo procedimento do balão volumétrico (EMBRAPA, 2017) em amostras com estrutura alterada e o solo moído em gral de ágata.

3.2.1 Área Superficial Específica

A área superficial específica (ASE) foi determinada pelo Método do Éter Monoetil Etileno Glicol (EGME) (CARTER et al., 1986), com base na seguinte equação:

$$ASE = \frac{W_a}{0,000286W_s}$$

Onde: ASE é a área superficial específica em m² g⁻¹; Wa é o peso de EGME retido pela amostra em gramas (peso da suspensão final subtraído de Ws); 0,000286 é peso de EGME requerido para formar uma camada monomolecular num metro quadrado de superfície (m² g⁻¹) e Ws é peso de solo inicialmente adicionado (g).

3.3 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

O teor de carbono orgânico do solo (COS) foi determinado pela quantificação elementar pelo equipamento MULTI N/C, 2100 (EMBRAPA, 2017), e convertido em teor de matéria orgânica do solo (MOS) através da seguinte fórmula:

$$MOS = COS * 1,724$$

3.3.1 Relação da MOS com a estrutura

Para analisar o efeito da matéria orgânica e da estrutura na retração do solo, foi selecionado o Nitossolo Bruno localizado em Painei-SC (NB_{PAI}), o qual apresenta naturalmente um decréscimo gradual de carbono orgânico em seus horizontes. Foi coletado em cada horizonte (A, AB, BA, Bt₁, Bt₂ e Bt₃) amostras com estrutura alterada e estrutura preservada, as quais foram processadas da seguinte forma:

– *Estrutura preservada*

- i. Coleta em anéis volumétricos de volume 141,4 cm³cm⁻³
- ii. Anéis foram saturados e tensões padronizadas em 60 cm
- iii. Anéis secos em estufa com circulação de ar a 105°C por 24 horas
- iv. Realizado procedimento de análise de retração do solo

– *Estrutura alterada*

- i. Coleta de solo nos horizontes indicados

- ii. Amostras tamisadas na peneira de 2 mm e secas a 105°C
- iii. Anéis de volume 141,4 cm³ preenchidos de acordo com a densidade de cada horizonte
- iv. Anéis foram saturados e colocados em mesa de tensão a 60 cm de coluna de água durante dois dias
- v. Anéis secos em estufa com circulação de ar a 105°C por 24 horas
- vi. Realizado procedimento de análise de retração do solo

Tabela 5 - MOS e Ds dos horizontes do Nitossolo Bruno coletado em Painei SC.

Horizonte	MOS (g kg ⁻¹)	Ds (g cm ⁻³)
A	80	1,17
AB	54	1,23
BA	32	1,20
Bt₁	18	1,26
Bt₂	17	1,29
Bt₃	16	1,32

Fonte: Elaborada pela autora.

3.4 RETRAÇÃO DO SOLO

A retração foi realizada através da análise descrita por Silva et al. (2017) conforme descrito abaixo. Após o volume do cilindro volumétrico estar completo pelo solo retraído e areia (Figura 16) é realizado o cálculo para obter o índice de retração do solo:

$$IR = 1 - [(va)/(vf)]^{1/3}$$

Onde: IR: Índice de retração, va: volume do cilindro volumétrico, vf: volume final

Para ajustar o volume na curva de retenção de água no solo, em cada potencial matricial aplicado, uma amostra era retirada e preenchida com areia, com isso descontava-se do volume inicial do cilindro o volume ocupado pela areia e assim calcula-se qual era o volume de solo que ocupa em cada potencial.

Figura 16 - Método de quantificação da retração do solo: (A) coleta do cilindro volumétrico; (B) vedação da parte inferior do cilindro volumétrico; (C) preenchimento do cilindro volumétrico com areia; (D) anéis depois de preenchidos com areia.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

3.5 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

As curvas de retenção de água dos solos (CRAS) foram determinadas utilizando a mesa de tensão (Leamer & Shaw, 1941), para os potenciais matriciais de -1, -6 e -10 kPa, modificada pela utilização de camada de areia em substituição ao papel (Reinert & Reichert, 2006), e câmaras de Richards (Richards, 1949) para os potenciais matriciais de -33, -100, -500, -1.000 e -1.500 kPa. Os resultados foram expressos em base volumétrica e os pares de valores de potencial matricial e umidade volumétrica foram ajustados pela equação de Van Genuchten (Van Genuchten, 1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left(1 + (\alpha h)^n\right)^m}$$

Onde:

θ = umidade volumétrica ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_r = umidade volumétrica residual ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_s = umidade volumétrica do solo saturado ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); h = potencial mátrico da água no solo (kPa); α , m , n = parâmetros empíricos de ajuste da equação.

Através da CRAS, foi calculada a capacidade de campo, ponto de murcha permanente e a água disponível. A capacidade de campo (CC) é a umidade volumétrica retida no Ψ_m de -10 kPa; ponto de murcha permanente (PMP) à -1.500 kPa; e água disponível (AD) é a umidade volumétrica retida entre os potenciais matriciais de -10 e -1.500 kPa. Após as amostras foram secas em estufa à 105°C para determinar a densidade do solo.

3.4.1 Relação entre potencial matricial e retração do solo

Em cada perfil foram coletados 27 anéis volumétricos (5cm x 6cm) nos horizontes A e B, com exceção do Vertissolo coletado apenas no horizonte A, para medir a retração do solo nos pontos entre -10 e -1.500 kPa, e assim obter o volume real do solo no cilindro volumétrico. Pré testes demonstraram que a retração só começa a ser perceptível a partir do potencial de -10 kPa. Assim, o procedimento adotado foi expresso da seguinte forma (Figura 17):

- Os anéis volumétricos (de cada horizonte) foram saturados e colocados na mesa de tensão;
- A cada Ψ_m (-10, -33, -100, -500, -1.000 e -1.500 kPa) três anéis são retirados do processo para determinar o secamento em cada potencial, conforme explanado no item 3.2.2;
- Três anéis são colocados em estufa a temperaturas de 30°C e de 60°C e retirados após 24 horas para determinar o Ψ_m do solo nessas temperaturas e o IR;
- Ao final, três anéis são 105°C para determinar a densidade do solo e a retração da amostra sem água.

Figura 17 - Procedimento da análise da retração nos pontos mensurados da CRAS.



A retração do solo foi avaliada através do método do cilindro volumétrico de areia descrito por Silva (2017). A avaliação consiste em estabelecer a amostra a um determinado Ψ_m , esperar o equilíbrio do Ψ_m com a umidade retida e determinar a retração preenchendo os espaços vazios (retraídos) com areia. O índice de retração é calculado pela seguinte fórmula:

$$IR = 1 - [(va)/(vr)]^{1/3}$$

onde: IR = índice de retração; v_a = volume do cilindro volumétrico (cm^3); e v_r = volume do solo retraído (cm^3).

Com os dados da retenção de água e da retração do solo, foi estabelecida a relação entre ambos para os Ψ_m de -10, -33, -100, -500, -1.000 e -1.500 kPa, e para as amostras de solo secas em estufa nas temperaturas de 30, 60 e 105°C. As temperaturas de 30 e 60°C são situações extremas que podem ocorrer na superfície do solo, e a temperatura de 105°C é considerado o secamento máximo do solo. Para determinar o Ψ_m que a água fica retida nos solos secos em estufa, foi determinada o Ψ_m de água utilizando o psicrômetro (WP4-C[®]) após cada secamento (DECAGON, 2018).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizado o teste de correlação de Pearson (r), entre o IR os atributos do solo.

Para verificar relações entre os atributos do solo, foi realizada a análise de componentes principais, conforme procedimento PROC PRINCOMP do programa SAS 9.2 (SAS, 2009). Para os solos com presença do caráter retrátil foi realizada a análise com as seguintes variáveis: IR, Dp, areia, silte, argila, argila em água, GF, MO, ASE, LL, LP, LPeg, IP, PT, Ds, Macro e Microporos.

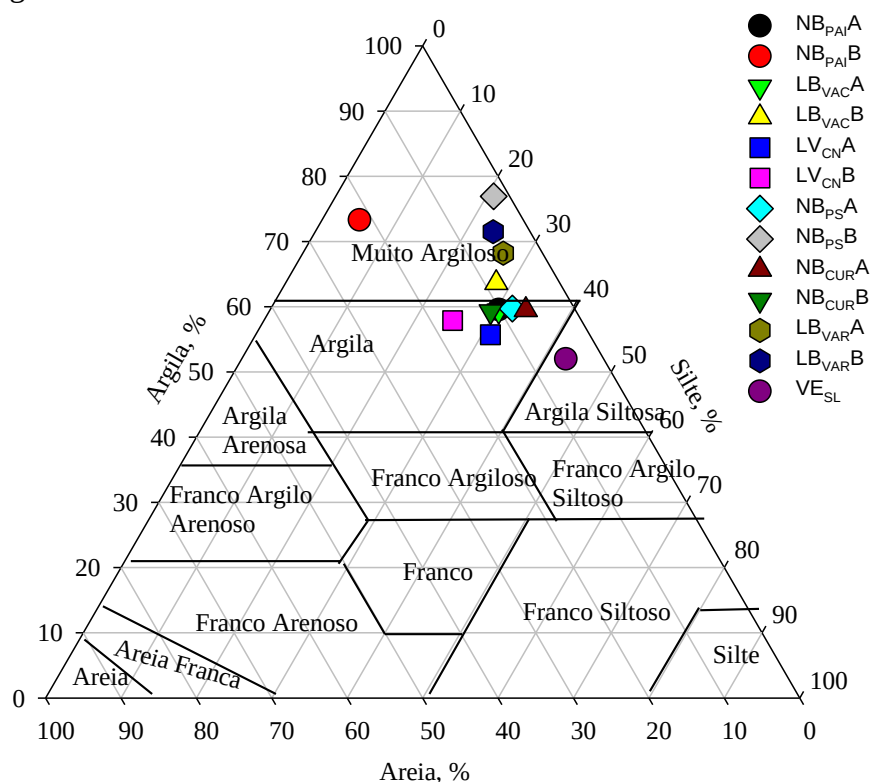
As curvas de retenção de água no solo foram ajustadas através da equação de van Genuchten (1980).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS E A RETRAÇÃO DO SOLO

Atendendo uma das especificações que pré-estabelece o caráter retrátil, todos os solos estudados estão classificados nas classes texturais argilo-siltosa, argila e muito argilosa, com baixo teor de areia, conforme visualizado no triângulo textural proposto por Lemos e Santos (2015) (Figura 18). O teor elevado de argila é influenciado pelo material de origem bem como pelo intenso processo de intemperismo.

Figura 18 - Triângulo textural dos horizontes A e B dos solos com o caráter retrátil.



* NB_{PAI}: Nitossolo Bruno - Painel/SC; LB_{VAC}: Latossolo Bruno - Vacaria/RS; LV_{CN}: Latossolo Vermelho - Campos Novos/SC; NB_{PS}: Nitossolo Bruno - Ponte Serrada/SC; NB_{cur}: Nitossolo Bruno - Curitiba/SC; LB_{VAR}: Latossolo Bruno - Vargeão/SC; VE_{sl}: Vertissolo Ebânico - Santana do Livramento/RS.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A densidade do solo no horizonte A variou entre 0,80 e 0,96 g cm⁻³, e no horizonte B entre 0,98 e 1,21 g cm⁻³ (Tabela 6), para os solos retráteis. No horizonte A do Vertissolo a densidade foi de 1,10 g cm⁻³. Solos argilosos com densidades inferiores a 1,25 g cm⁻³ dificilmente apresentam restrições ao crescimento e desenvolvimento de raízes (REICHERT et al., 2003). No caso do Vertissolo, mesmo a densidade não sendo restritiva ao crescimento de

raízes, suas características mineralógicas proporcionam limitações físicas como o fendilhamento durante períodos mais secos, alta plasticidade e pegajosidade e baixa condutividade hidráulica e taxa de infiltração (MOUSTAKAS, 2012).

A Dp média dos solos da região geralmente está próxima de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$, valor este que reflete a densidade média dos argilominerais presentes em cada solo (Ferreira, 2010). Para os solos retráteis no horizonte A a Dp variou entre $2,49$ a $2,66 \text{ g cm}^{-3}$, enquanto no horizonte B entre $2,60$ a $2,69 \text{ g cm}^{-3}$, enquanto o Vertissolo apresentou Dp de $2,22 \text{ g cm}^{-3}$. Em geral a Dp nos horizontes A foi inferior à do horizonte B, isto ocorre devido a maior quantidade de MOS no A, a qual possui densidade em torno de $1,2 \text{ g cm}^{-3}$ (Ferreira, 2010). No horizonte A do LB_{VAR}, o qual é o horizonte com o maior teor de MOS, a Dp foi menor, $2,49 \text{ g cm}^{-3}$. Essa distinção de valores mostra a variação mineralógica e orgânica desses solos, onde maiores teores de MOS diminuem a Dp, enquanto maior composição por óxidos de Fe eleva a Dp (Ferreira, 2010).

A PT foi alta, geralmente superando $0,60 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (Tabela 6). Na maioria dos casos, foi maior no horizonte A, devido ao teor mais elevado de MOS e seus efeitos na estruturação do solo. Somente para o horizonte B do LB_{VAR} a PT foi maior ($0,66 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) do que no horizonte A ($0,61 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), o que pode ser atribuído à predominância de estrutura forte, muito pequena, granular (pó-de-café) no horizonte B. Na maioria dos solos a PT é composta principalmente por Micro, que variaram de $0,41$ a $0,51 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ para os Nitossolos e de $0,37$ a $0,52 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ para Latossolos. A Macro variou entre $0,10$ e $0,30 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, sendo geralmente maior no horizonte A, devido ao efeito da MOS na formação de estruturas granulares. O Vertissolo possui PT de $0,62 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, mas baixa Macro ($0,08 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) comparada aos solos retráteis, e Micro mais elevada ($0,54 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), semelhante ao encontrado por Pértile (2015).

Para os solos retráteis os teores de MOS foram maiores em todos os horizontes A, especialmente no LB_{VAC}, tanto no horizonte A quanto no B, respectivamente 92 e 74 g kg^{-1} . No horizonte A o solo com menor teor de MOS foi o LV_{CN} e no horizonte B o LB_{VAR} (Tabela 6). O Vertissolo possui teor de MOS superior aos retráteis, 109 g kg^{-1} , isto porque as condições da região do Campanha do Rio Grande do Sul favorecem o acúmulo de MOS devido ao clima mais frio (em parte do ano) e sua posição na paisagem, o qual se encontra no terço inferior da encosta (STRECK, 2008) com maior acúmulo de água no perfil.

As propriedades relacionadas a consistência do solo, limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP), limite de pegajosidade (LPeg) e índice de plasticidade (IP), estão apresentadas na Tabela 6. O resultado das forças físicas de coesão e adesão atuando sobre as partículas com diferentes umidades resulta na consistência do solo (HILLEL, 1982). A

princípio, o conceito de consistência compreende as propriedades que agem de acordo com as forças de adesão e coesão, resistência à compressão e ao esforço cisalhante, friabilidade, plasticidade e pegajosidade (Vasconcelos, 2010), em 1911 foram definidos, pelo cientista sueco A. Atterberg, os denominados limite de liquidez e de plasticidade.

Tabela 6 - Valores médios de densidade solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (PT), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), matéria orgânica do solo (MOS), limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP), limite de pegajosidade (LPeg), índice de plasticidade (IP) e área superficial específica (ASE).

Solo	Hor	Ds	Dp	PT	Macro	Micro	MOS	LP	LL	LPeg	IP	ASE
		----g cm ⁻³ ---			-----cm ³ cm ⁻³ -----		--g kg ⁻¹ --			-----g g ⁻¹ -----		m ² g ⁻¹
NB _{PAI}	A	0,91	2,64	0,68	0,16	0,52	75	0,50	0,58	0,62	0,08	130
NB _{PAI}	B	1,21	2,66	0,60	0,10	0,50	47	0,45	0,51	0,56	0,07	146
LB _{VAC}	A	0,94	2,60	0,70	0,18	0,52	92	0,51	0,60	0,65	0,08	144
LB _{VAC}	B	1,06	2,65	0,66	0,17	0,49	74	0,47	0,56	0,62	0,09	166
LV _{CN}	A	0,82	2,57	0,67	0,30	0,37	65	0,45	0,53	0,63	0,08	150
LV _{CN}	B	1,02	2,60	0,63	0,16	0,47	63	0,52	0,57	0,69	0,10	154
NB _{PS}	A	0,80	2,61	0,66	0,26	0,40	74	0,37	0,47	0,55	0,18	90
NB _{PS}	B	0,98	2,66	0,63	0,12	0,51	44	0,41	0,60	0,61	0,19	159
NB _{CUR}	A	0,90	2,52	0,64	0,19	0,45	72	0,43	0,57	0,59	0,13	90
NB _{CUR}	B	1,07	2,60	0,61	0,17	0,44	40	0,44	0,55	0,59	0,11	124
LB _{VAR}	A	0,96	2,49	0,61	0,14	0,47	95	0,51	0,56	0,60	0,05	119
LB _{VAR}	B	1,01	2,69	0,66	0,21	0,45	26	0,42	0,51	0,54	0,09	122
VE _{SL}	A	1,10	2,22	0,62	0,08	0,55	109	0,65	0,70	0,71	0,05	245

* NB_{PAI}: Nitossolo Bruno - Paineira/SC; LB_{VAC}: Latossolo Bruno - Vacaria/RS; LV_{CN}: Latossolo Vermelho - Campos Novos/SC; NB_{PS}: Nitossolo Bruno - Ponte Serrada/SC; NB_{CUR}: Nitossolo Bruno - Curitiba/SC; LB_{VAR}: Latossolo Bruno - Vargeão/SC; VE_{SL}: Vertissolo Ebânico - Santana do Livramento/RS.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O conhecimento dos limites e dos estados de consistência é importante nas ações de manejo do solo de acordo com a condição de umidade ideal do solo (KONDO, 1998), sendo que a friabilidade é a umidade mais indicada para o preparo e a plasticidade é relacionada a suscetibilidade de compactação (DIAS JUNIOR, 1996).

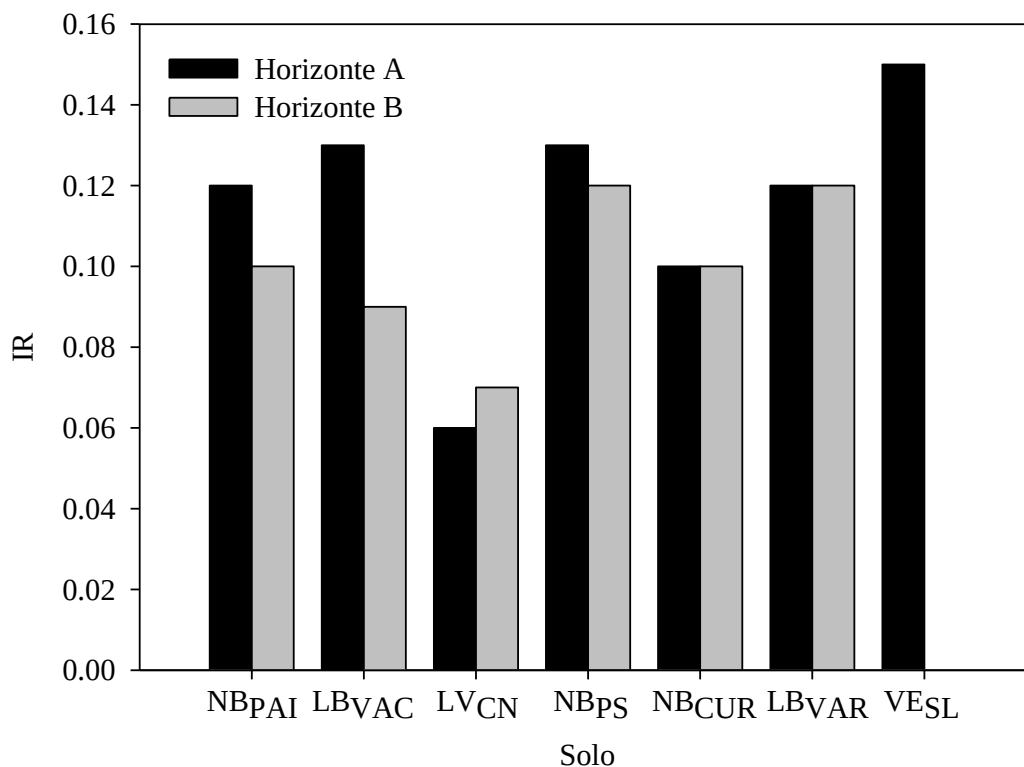
O Vertissolo possui maior teor de água retida em todos os limites de consistência comparado aos retráteis. Para os com caráter retrátil, o LP no horizonte A variou de 0,37 g g⁻¹

a $0,51 \text{ g g}^{-1}$, maior no LB_{VAC} e LB_{VAR} . No horizonte B o maior LP foi observado no LB_{VAC} ($0,52 \text{ g g}^{-1}$) e o menor no NB_{PS} ($0,41 \text{ g g}^{-1}$). O LL no horizonte A variou de $0,47$ a $0,60 \text{ g g}^{-1}$, e no horizonte B de $0,51$ a $0,60 \text{ g g}^{-1}$, variação atribuída ao alto teor de argila e MOS. O LPeg representa uma condição de umidade superior ao LP, a partir da qual o solo encontra-se suficientemente molhado para aderir a outros objetos (BAVER et al., 1972). No horizonte A variou entre $0,55$ e $0,65 \text{ g g}^{-1}$ e no B entre $0,54$ e $0,69 \text{ g g}^{-1}$. O IP para os solos retráteis foi maior no NB_{PS} nos horizontes A e B, e menor no horizonte A do LB_{VAR} e no Vertissolo ($0,05 \text{ g g}^{-1}$). O IP é a diferença entre os limites de liquidez e de plasticidade, expresso em porcentagem e pode ser interpretado, em função da massa de uma amostra, como a quantidade máxima de água que pode lhe ser adicionada, a partir do seu limite de plasticidade, de modo que o solo mantenha a sua consistência plástica.

A ASE foi maior no horizonte B do LB_{VAC} , e menor nos horizontes A do NB_{PS} e NB_{CUR} . É afetada principalmente pela distribuição das frações granulométricas, mineralogia e teor de MOS do solo. O Vertissolo possui ASE mais elevada que os solos retráteis principalmente pelo seu teor de MOS e mineralogia predominantemente esmectítica (KÄMPF, MARQUES e CURI, 2012).

Desta forma, observa-se que os solos apresentam variação nos seus atributos como densidade, porosidade, consistência e ASE. Com isso, o processo de retração e expansão diferiu entre eles (Figura 19) e ocorreu tanto no horizonte A quanto no B de todos os solos. O IR do Vertissolo foi maior do que dos demais solos retráteis, característica perceptível a campo. Dos solos com caráter retrátil o horizonte A do NB_{PS} e LB_{VAC} apresentou maior IR, enquanto o LV_{CN} apresentou menor IR. Segundo Testoni (2015) em todos os solos estudados, a composição mineralógica dos horizontes A e B da fração argila total foi similar, em geral com picos atribuídos a caulinita, e picos com menor intensidade geralmente indicativos da presença de argilominerais de camada 2:1 ou clorita. Também ocorreu picos de menor intensidade, na maioria das amostras, atribuídos à goethita e/ou hematita. Considerando que a mineralogia é similar em todos os horizontes amostrados, deste ponto assumimos que a retração está relacionada a mais propriedades do solo, as quais fazem com que o IR seja maior ou menor durante o processo de secamento.

Figura 19 - Índice de retração dos solos* determinado através do método do preenchimento do cilindro volumétrico com areia - IR.



* NB_{PAI}: Nitossolo Bruno - Painei/SC; LB_{VAC}: Latossolo Bruno - Vacaria/RS; LV_{CN}: Latossolo Vermelho - Campos Novos/SC; NB_{PS}: Nitossolo Bruno - Ponte Serrada/SC; NB_{CUR}: Nitossolo Bruno - Curitiba/SC; LB_{VAR}: Latossolo Bruno - Vargeão/SC; VE_{SL}: Vertissolo Ebânico – Santana do Livramento/RS.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Para avaliar quais atributos contribuem para a retração foi realizada a análise de correlação (Tabela 7), a qual indicou que a maior correlação foi entre o IP e o IR, resultado que corrobora com a análise de componentes principais (ACP).

Pela análise dos componentes principais o atributo com maior relação com o IR foi o índice de plasticidade (IP). Em geral, a plasticidade é um indicador do potencial de expansão (Nelson & Miller, 1992). Com o secamento aumenta a força de retenção entre a água e o solo (adesão) e entre as partículas de solo (coesão), o que resulta na retração. Em resumo, os solos retráteis, tem esta característica pois a redução do teor de água cria meniscos entre as partículas (Kämpf e Curi, 2003), e a partir de um determinado Ψ_m a tensão superficial aumenta, causando uma curvatura do menisco na interface entre água e ar. Com isso, nos potenciais matriciais menores, a força de adesão das moléculas de água com a superfície das partículas e a de coesão entre as moléculas de água aproxima as partículas. Este efeito se intensifica até o ponto do limite de contração, a partir do qual a perda de umidade não modifica mais o volume do solo. Neste ponto a água está fortemente retida pelo mecanismo da adsorção nas superfícies das partículas. Sendo assim, solos com maior IP possuem maior potencial de contração e expansão.

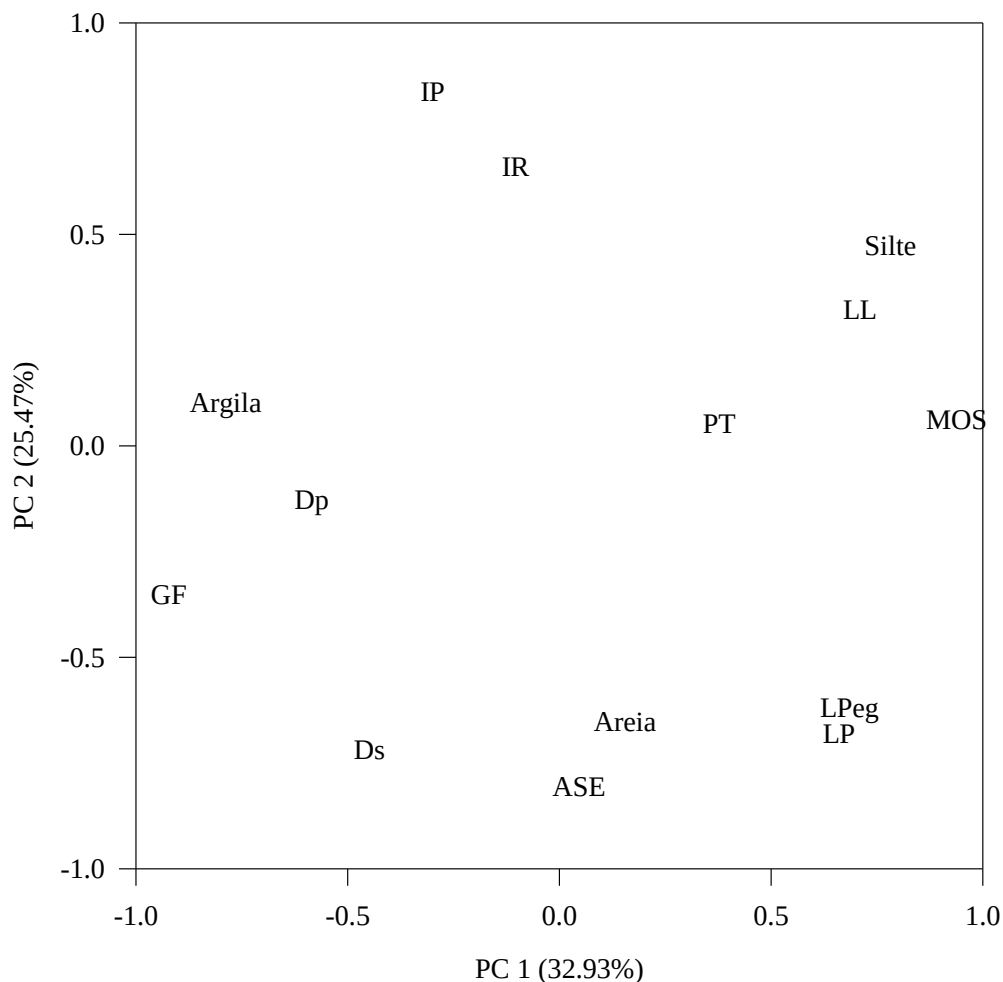
Figura 20 Esta é uma técnica de estatística multivariada que objetiva transformar um conjunto de dados originais em outro conjunto de variáveis numa mesma dimensão (HONGYU, 2015). Isto quer dizer que, cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais (JOHNSON; WICHERN, 1998). A técnica permite agrupar indivíduos de uma população segundo a variação de suas características (HONGYU, 2015). Foram extraídos dois componentes responsáveis por 58% da variância dos dados, o primeiro responsável por 33% e o segundo por 25% da variância.

Tabela 7 - Correlação dos atributos do solo: índice de retração (IR), densidade de partículas (Dp), granulometria (areia, silte e argila), grau de floculação (GF), matéria orgânica (MOS), área superficial, limites de liquides (LL), de plasticidade (LP) e de pegajosidade (LPeg), índice de plasticidade (IP) e porosidade total (PT).

	IR	Dp	Areia	Silte	Argila	GF	MOS	ASE	LL	LP	Lpeg	IP	PT
Dp	-0,03	-											
Areia	-0,27	-0,20	-										
Silte	0,03	-0,16	-0,26	-									
Argila	0,16	0,25	-0,49	-0,72	-								
GF	-0,04	0,66	0,08	-0,69	0,55	-							
MOS	0,13	-0,55	0,29	0,60	-0,74	-0,79	-						
ASE	-0,46	0,19	0,14	-0,39	0,23	0,19	-0,09	-					
LL	0,35	-0,27	-0,37	0,51	-0,20	-0,72	0,53	-0,02	-				
LP	-0,18	-0,32	0,56	0,15	-0,55	-0,25	0,56	0,44	0,24	-			
Lpeg	-0,48	-0,20	0,15	0,25	-0,34	-0,39	0,38	0,62	0,48	0,75	-		
IP	0,53	-0,07	-0,31	0,10	0,14	-0,05	-0,21	-0,59	-0,06	-0,58	-0,66	-	
PT	-0,05	-0,06	-0,41	0,32	0,00	-0,27	0,32	0,33	0,20	0,13	0,20	-0,17	-
DS	-0,16	0,15	0,52	-0,66	0,21	0,57	-0,25	0,36	-0,40	0,24	-0,02	-0,41	-0,17

Pela análise dos componentes principais o atributo com maior relação com o IR foi o índice de plasticidade (IP). Em geral, a plasticidade é um indicador do potencial de expansão (Nelson & Miller, 1992). Com o secamento aumenta a força de retenção entre a água e o solo (adesão) e entre as partículas de solo (coesão), o que resulta na retração. Em resumo, os solos retráteis, tem esta característica pois a redução do teor de água cria meniscos entre as partículas (Kämpf e Curi, 2003), e a partir de um determinado Ψ_m a tensão superficial aumenta, causando uma curvatura do menisco na interface entre água e ar. Com isso, nos potenciais matriciais menores, a força de adesão das moléculas de água com a superfície das partículas e a de coesão entre as moléculas de água aproxima as partículas. Este efeito se intensifica até o ponto do limite de contração, a partir do qual a perda de umidade não modifica mais o volume do solo. Neste ponto a água está fortemente retida pelo mecanismo da adsorção nas superfícies das partículas. Sendo assim, solos com maior IP possuem maior potencial de contração e expansão.

Figura 20 - Análise de componentes principais das propriedades físicas do solo: densidade de partículas (Dp), granulometria (areia, silte e argila), grau de flocação (GF), matéria orgânica (MOS), área superficial, limites de liquides (LL), de plasticidade (LP) e de pegajosidade (LPeg), índice de plasticidade (IP) e porosidade total (PT) e o índice de retração (IR).



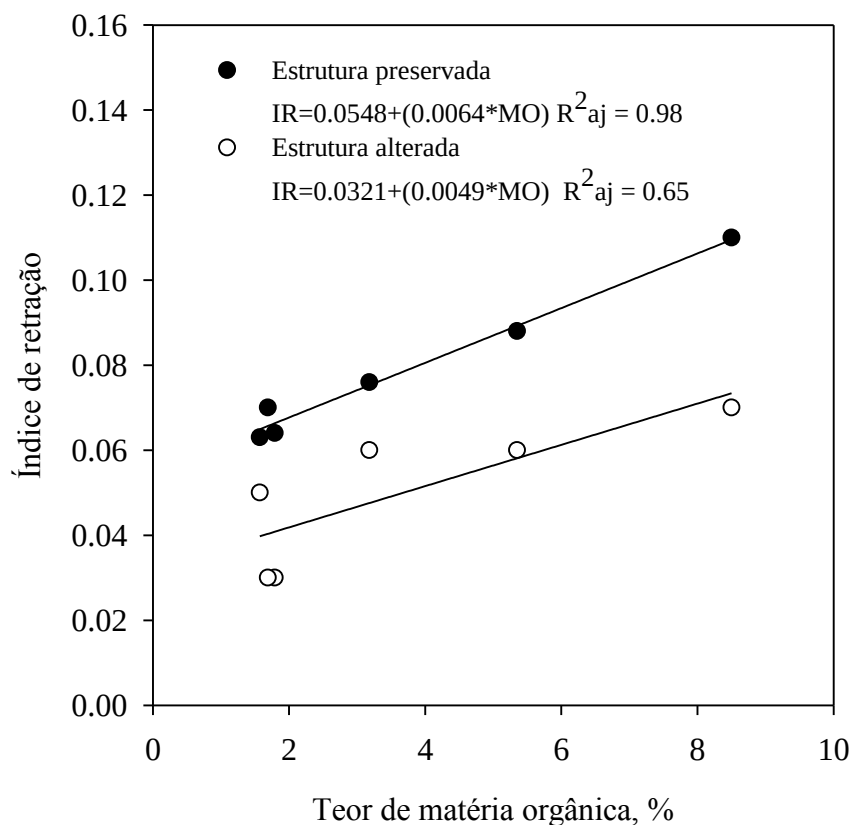
Fonte: Elaborado pela autora, 2018

4.2 RELAÇÃO DA ESTRUTURA E MOS COM A RETRAÇÃO DO SOLO

Normalmente, nos solos com alto teor de MOS e porosidade total, quando passam por um processo de secamento, é possível perceber que a estrutura se altera, pois, com o secamento, grande quantidade de água sai do solo e altera as forças de atração entre as partículas. Entretanto, não devemos atribuir essa condição ao processo de retração do solo, pois são fatos distintos. Para exemplificar isto, assumindo a hipótese de que os solos com caráter retrátil têm sua mudança de volume de acordo com processos que ocorrem no interior das suas microestruturas, e não decorrente do incremento de MOS (Figura 21), e a MOS age como um fator secundário, que age sobre o armazenamento de água no solo e formação da estrutura.

Sendo assim, foi isolado o fator MOS do fator estrutura, e avaliado o comportamento de um solo com caráter retrátil com redução natural do teor de MOS da superfície até os horizontes B. Para isso foram coletadas amostras com amostra preservada e alterada em cada horizonte do Nitossolo Bruno de Painei, como pode ser visto na Figura 21.

Figura 21 – IR nos diferentes horizontes do Nitossolo Bruno – Painei/SC com diferentes teores de MOS, em amostras com estrutura preservada e alterada.

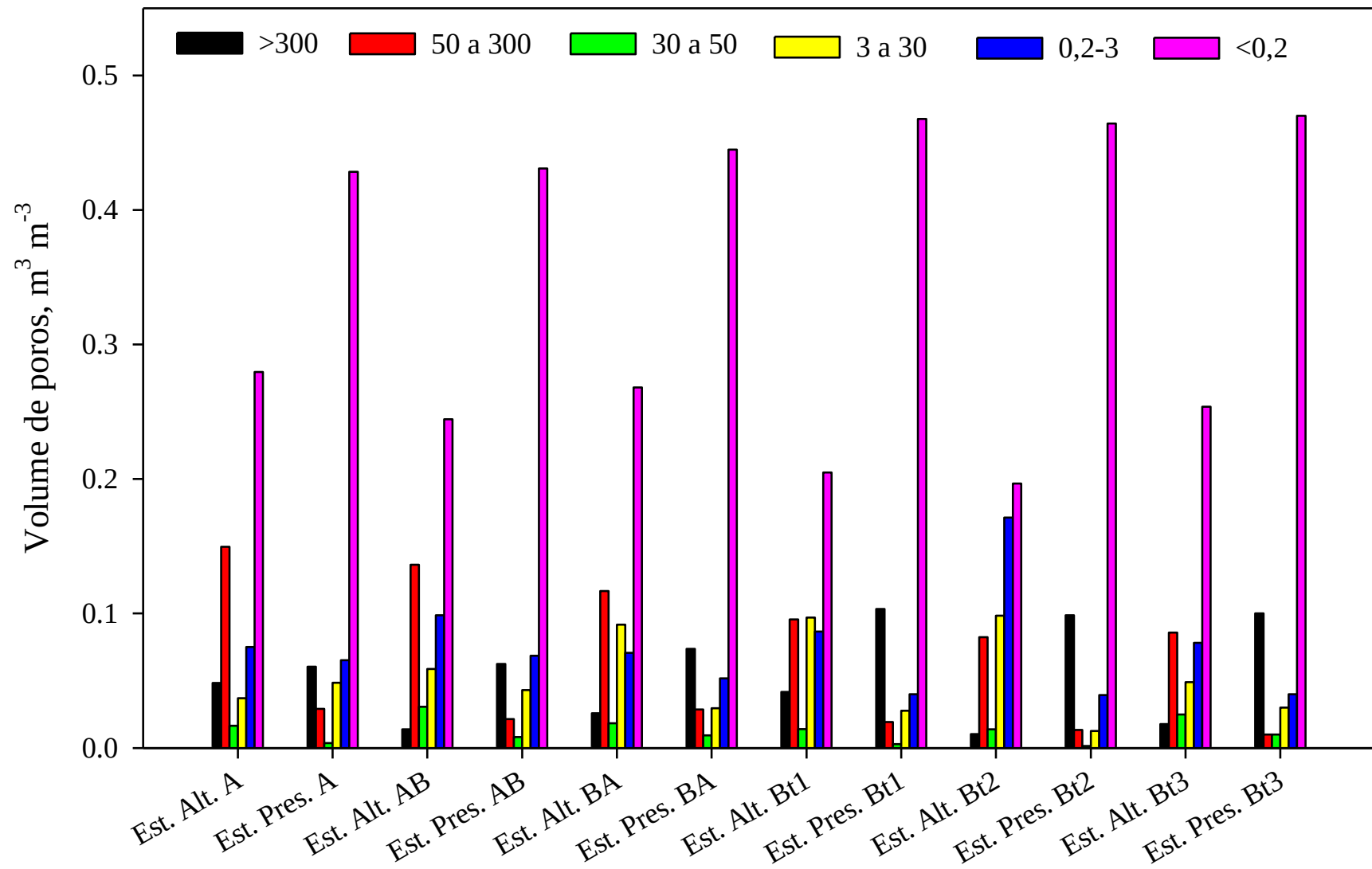


Analisando as distribuições dos poros de cada horizonte, observa-se que as amostras com estrutura preservada tiveram maior IR comparadas com as com estrutura alterada. Isso ocorreu para todos os horizontes, os quais possuíam teores diferentes de MOS. No teor mais baixo de MOS, a amostra com a estrutura alterada o IR foi de 0,03, enquanto com estrutura preservada foi de 0,065. No maior teor de MOS, o IR da amostra com estrutura alterada foi de 0,07, enquanto com estrutura preservada foi de 0,11.

Com o aumento do teor de MOS observasse maior IR nas amostras com estrutura alterada e preservada, entretanto, nas amostras com estrutura preservada o aumento do IR com a MOS, o coeficiente angular foi ligeiramente maior, indicando a relação existente entre teor de matéria orgânica, estrutura e IR.

A alteração na estrutura reduziu o volume de poros maiores que $300\mu\text{m}$ e, principalmente, os menores que $0,2\mu\text{m}$. Na média de todos os horizontes avaliados, o volume de poros menores que $0,2\mu\text{m}$ reduziu de $0,45\text{ cm}^3\text{ cm}^{-3}$ nos com estrutura preservada para $0,24\text{ cm}^3\text{ cm}^{-3}$ nos com estrutura alterada. Considerando que: há maior retração nos solos com a estrutura preservada (Figura 21); nesta condição o maior volume de poros são os menores que $0,2\mu\text{m}$ (Figura 22); há maior retração ocorre nestes poros (demonstrado no próximo estudo); é possível afirmar que a maior retração dos horizontes com estrutura preservada, ocorre quando estes poros perdem água e, com isso, aumentam as forças de adesão e coesão, as quais, portanto, são as responsáveis pela modificação na microporosidade do solo.

Figura 22 – Distribuição de poros dos horizontes A, AB, BA, Bt1, Bt2 e Bt3 do Nitossolo Bruno – Painei/SC, com estrutura preservada e alterada.



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

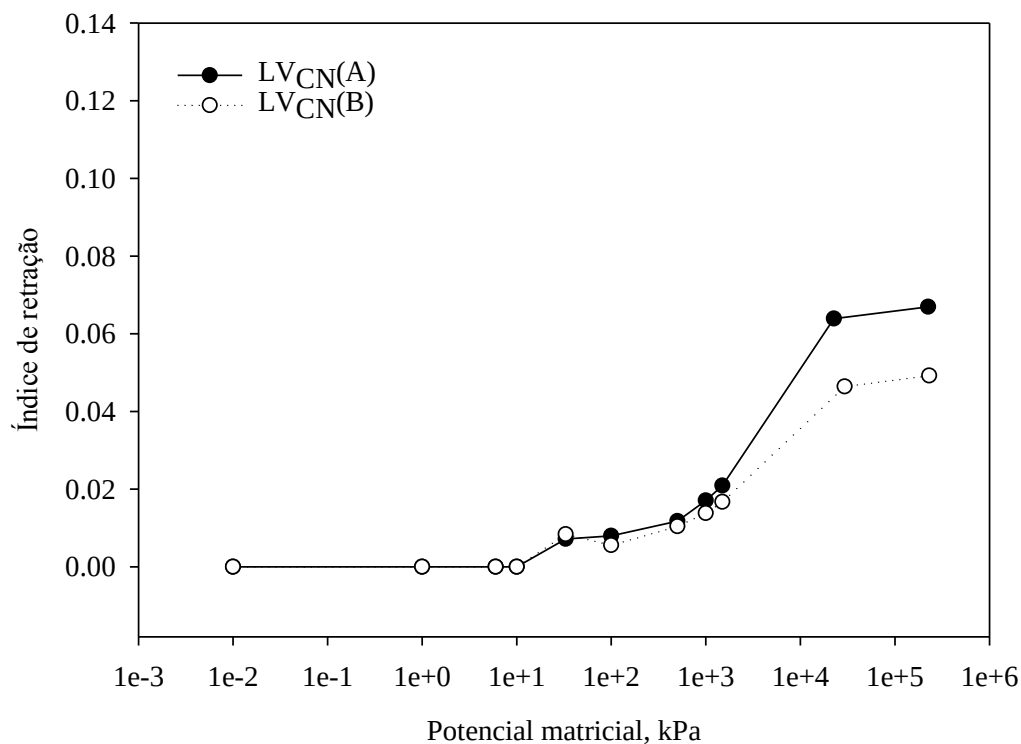
4.2.1 Variação do potencial matricial (Ψ_m) e da retração dos solos

Conforme discutido anteriormente, maior retração foi observada nos horizontes A do NB_{PAI}, LB_{VAC}, NB_{PS} e LB_{VAR}, nos quais o IR foi próximo a 0,12, e menor retração nos horizontes do LV_{CN}, onde o IR variou entre 0,06 a 0,07 (Figura 19).

De maneira geral, nos solos retráteis o processo de retração iniciou quando os potenciais (Ψ_m) alcançam entre -10 e -100 kPa (Figura 23 a Figura 28), a partir daí a retração passou a ser crescente, alcançando maior intensidade na faixa entre -1.500 kPa e o secamento a 30°C. Exceção foi o VE_{SL} que contraiu pouco até -1.000 kPa, com incremento acentuado a partir desse potencial até a temperatura de 60°C (Figura 29).

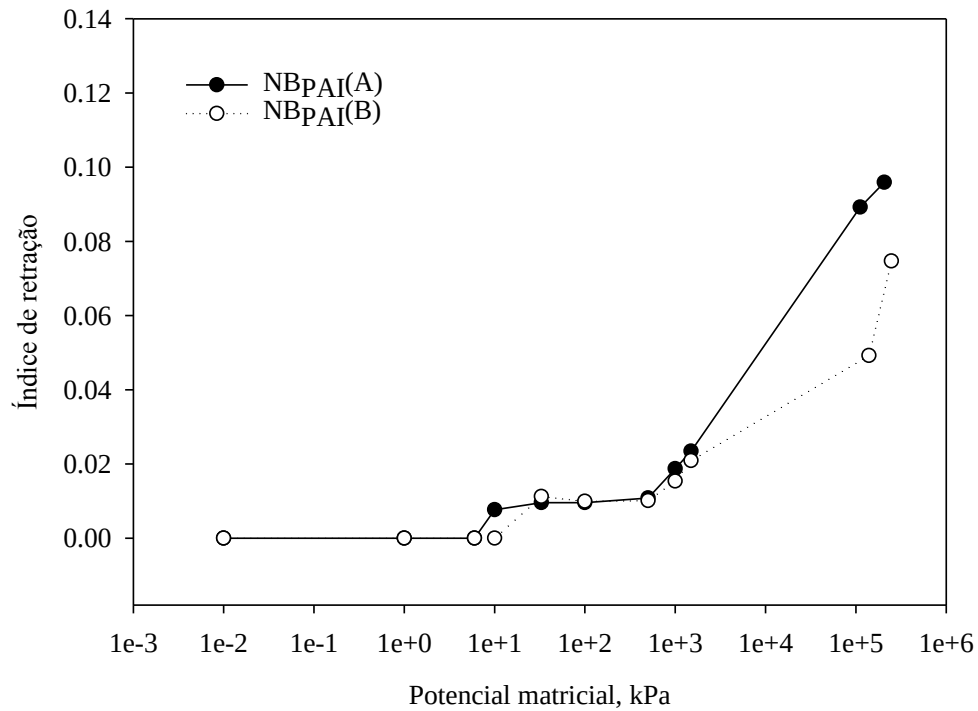
Entre 30°C até 60°C a magnitude da retração varia entre solos, sendo menor no LV_{CN} e LB_{CUR} e maior no VE_{SL}. No VE_{SL} o secamento na temperatura de 60°C aumenta sensivelmente o IR, de 0,04 para 0,14.

Figura 23 - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Latossolo Vermelho de Campos Novos – SC (LV_{CN}).



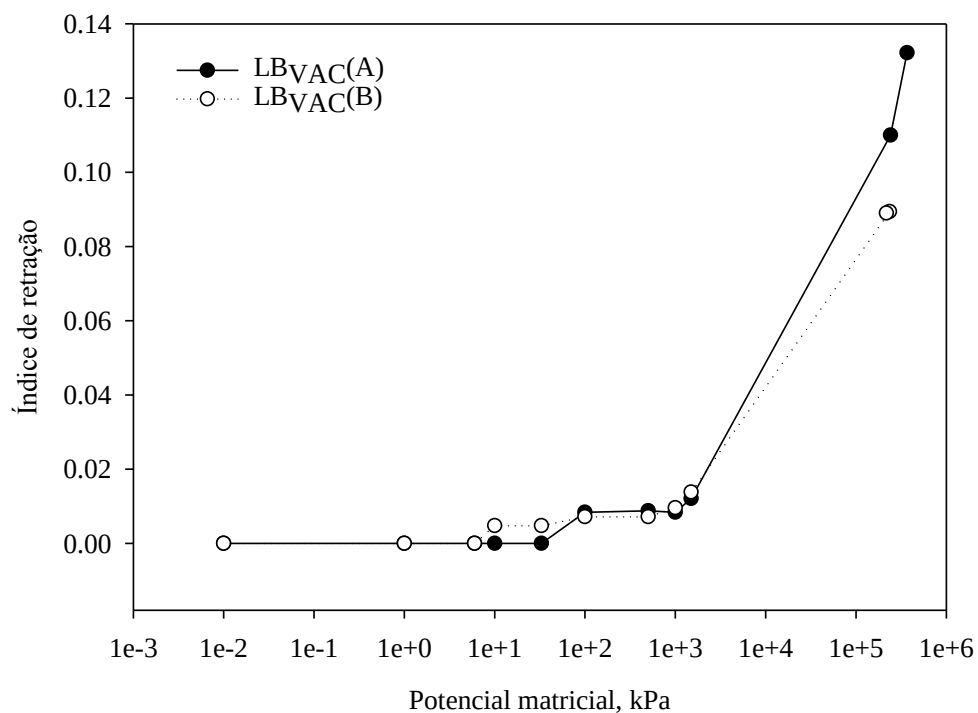
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 24 - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Nitossolo Bruno de Painei – SC (NB_{Pai}).



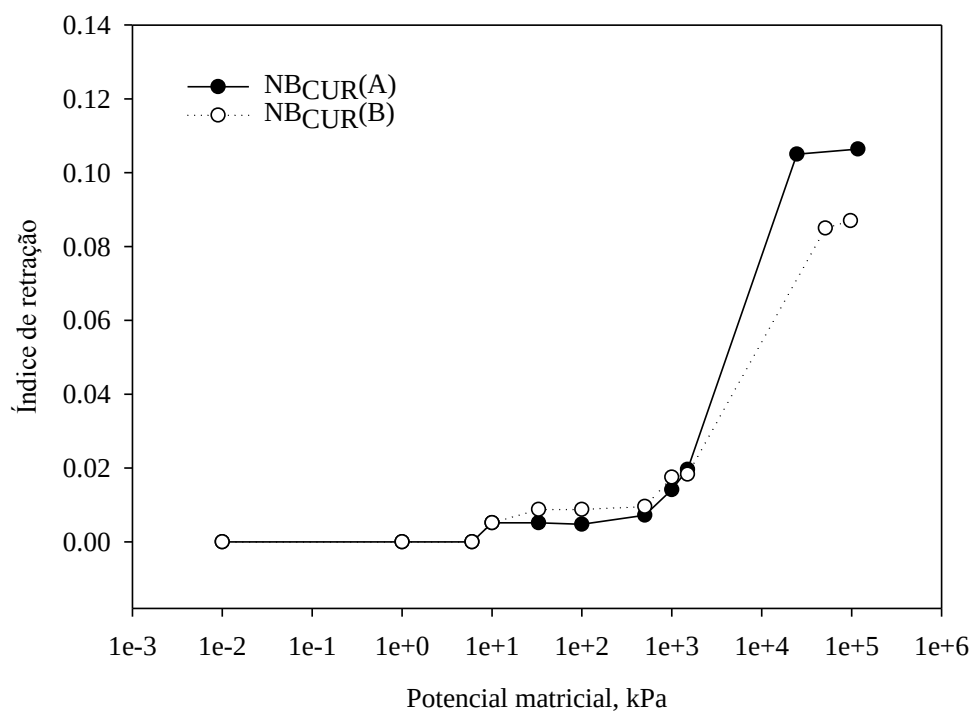
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 25 - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Latossolo Bruno de Vacaria – RS (NB_{Vac}).



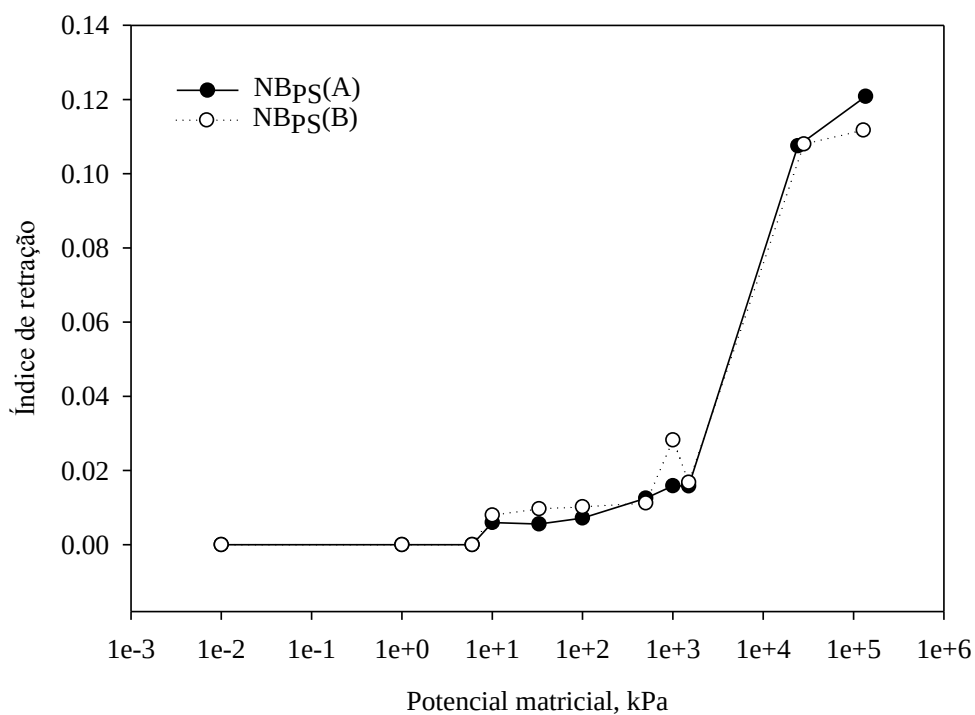
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 26 - - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Nitossolo Bruno de Curitibaanos –SC (NB_{Cur}).



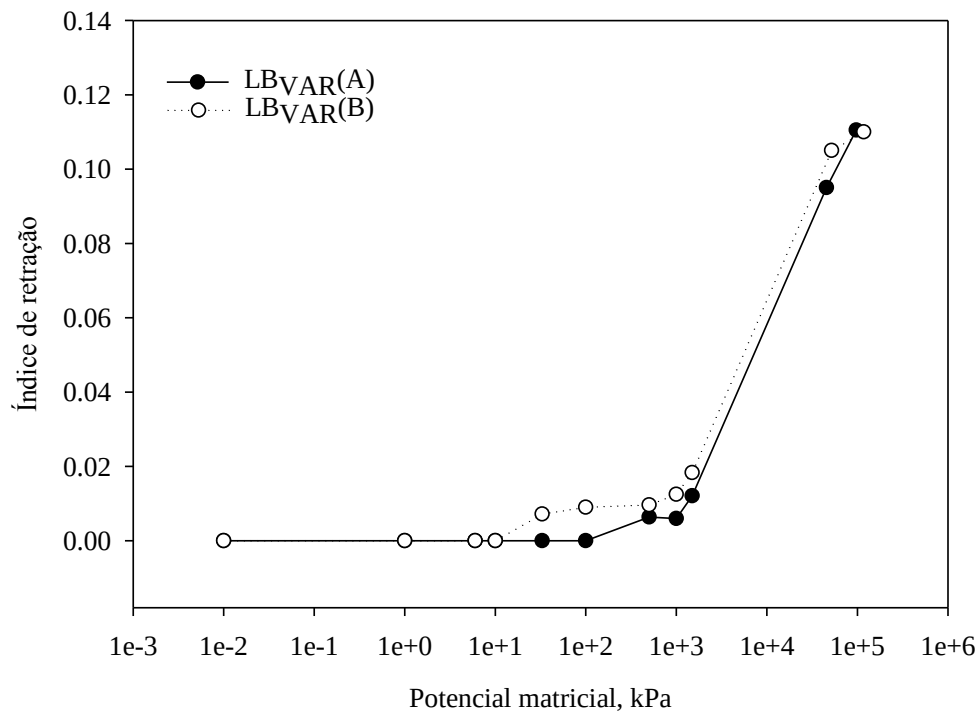
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 27 - - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Nitossolo Bruno de Ponte Serrada – SC (NB_{PS}).



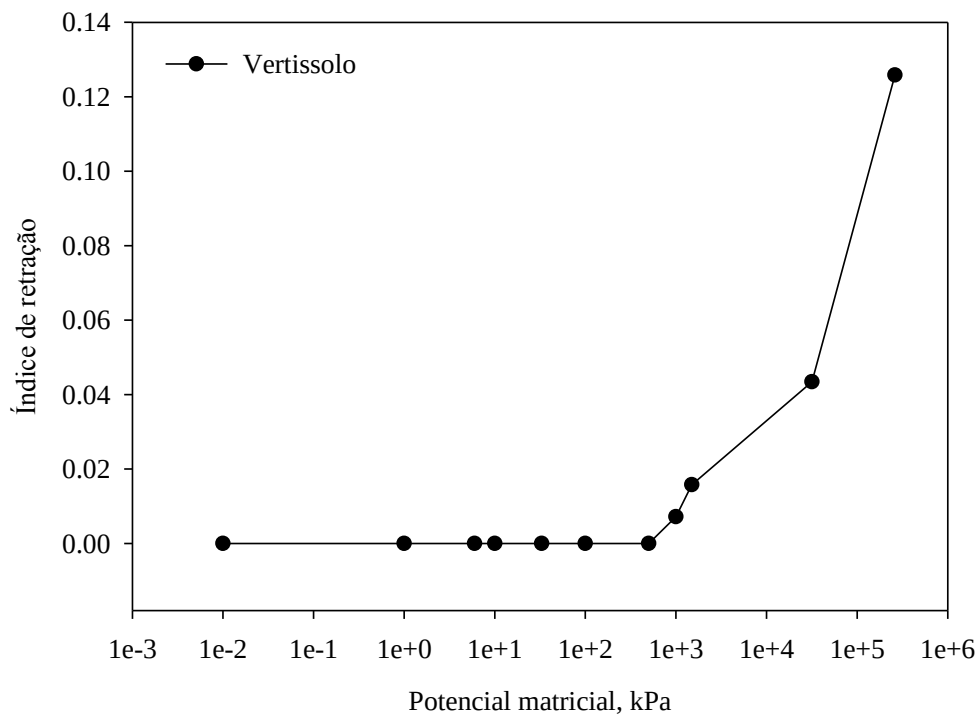
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 28 - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Latossolo Bruno de Vargão – SC (LBVar).



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 29 - - Curva de retração para cada potencial matricial ($\Psi_m = 0, -1, -6, -10, -33, -100, -500, -1.000$ e -1.500 kPa, e nos potenciais correspondentes as temperaturas de 30 e 60°C), do Vertissolo Ebânico – Santana do Livramento – RS (VESL).



Fonte: Elaborado pela autora

Os Vertissolos são utilizados como referência no que se diz respeito a máxima capacidade de expansão/contração. Isso se deve a predominância de argilominerais de camada 2:1, principalmente esmectita. Os solos retráteis, por sua vez, apresentam predominância da caulinita, um mineral 1:1 não expansivo, embora a presença de interestratificados caulinita-esmectita e de argilominerais de camada 2:1 também seja expressiva. A expressão de características de forte retração com o secamento pode ocorrer, portanto, em solos com diferentes mineralogias, tanto no Vertissolo, com predomínio de esmectitas, como nos Latossolos e Nitossolos com predominância de caulinita. Portanto, a retração está relacionada a mineralogia, e também a modificações da estrutura do solo durante o secamento. Esta constatação é corroborada pelo estudo de Coulombe (1996), o qual afirma que apenas uma pequena parte da expansão/contração que ocorre nos Vertissolos tem ligação direta com a mineralogia esmectítica dos mesmos, sendo a maior parte dela devida a mudanças na porosidade e no conteúdo de água com a hidratação e desidratação das amostras. Quando uma região do solo é reidratada, o volume ocupado pelo ar passa a ser ocupado pela água, as forças de adesão e coesão diminuem, com isso, o volume dos poros aumenta e o solo expande.

Seguindo o raciocínio de Coulombe (1996), a retração do volume do solo pelo secamento segue três estágios. O primeiro, é um estágio de "encolhimento estrutural" e corresponde a uma ligeira mudança de volume da amostra quando a água contida nos poros maiores é removida (Ψ_m entre -0 a -30 kPa). No segundo, a redução de volume é proporcional à perda de água no sistema, chamado de "encolhimento linear" e ocorre entre os potenciais de -30 e -1.000 kPa, e até mesmo até -1.500 kPa, como no caso de solos esmectíticos. E o terceiro, sob potenciais ainda menores, a diminuição no volume é menor do que a perda de água e representa a região de "encolhimento residual". A repulsão das forças envolvidas, a água fortemente adsorvida e a rigidez das partículas são responsáveis pela prevenção de novos colapsos (Coulombe, 1996). É evidente que após a desidratação subsequente, como ocorre na secagem em estufa, a perda de água e a contínua redução de volume que a acompanha estão além do que seria observado no campo. Esta secagem mais intensa, a campo só ocorre na superfície do solo exposta ao calor.

Considerando o exposto, assume-se duas premissas: a primeira é que à medida que os solos diminuem o tamanho dos poros, a água é mais difícil de ser removida do sistema; a segunda, de que, sob condições de campo, as argilas, como as esmectíticas, permanecem com suas entrecamadas totalmente hidratadas, já que a dimensão do espaço entrecamadas está na escala manométrica. Com isso, a água dali dificilmente é removida e, portanto, não contribuiria para o processo de retração.

Neste aspecto, admitindo que os solos retráteis seguem as mesmas pressuposições admitidas acima para os Vertissolos, mesmo não tendo como componentes mineralógicos principais a esmectita, se admite que a retração mais acentuada dos solos com o secamento deva ocorrer pela variação na microporosidade dos mesmos, especialmente daqueles menores que $0,2\ \mu\text{m}$ (Figura 22). Considerando-se ainda o fato dos solos com caráter retrátil, serem solos predominantemente cauliníticos, com predomínio de cristais de argilas e poros com dimensão muito pequenos (Testoni et al., 2017), em geral menor que $3\ \mu\text{m}$ (potencial menor que $-100\ \text{kPa}$), admite-se, teoricamente, que a retração esteja acontecendo nesses poros, e que toma maior proporção justamente devido à alta microporosidade que ocorre nestes solos.

A temperatura de secagem a 30°C simula situações de solo exposto a ação do sol durante dias ensolarados normais. No entanto, temperatura de 60°C pode ocorrer apenas ocasionalmente, quando o solo está descoberto, em dias quentes e ensolarados no verão, em regiões onde a incidência do sol é elevada. Alguns estudos mostram que as temperaturas no solo descoberto podem variar nos primeiros centímetros de 30 até 50°C . Trabalhos que avaliaram a temperatura dos solos, como Derpsch et al., (1985) relataram temperaturas que variaram entre 26 e 50°C , em um Latossolo Vermelho descoberto no estado do Paraná. Costa & Godoy (1962) relataram temperaturas de 29 a 52°C , em um Nitossolo Vermelho descoberto de Piracicaba – SP.

É possível perceber na Tabela 8, que a retração do solo quando o mesmo atinge temperatura de 30°C é elevada. Conforme discutido acima, é uma temperatura que ocorre em situações específicas. Ao analisar a energia de retenção e o teor de água retido quando o solo foi submetido a 30°C , constata-se que o potencial variou de -22.670 a $-241.830\ \text{kPa}$, enquanto o teor variou entre $0,005$ e $0,19\ \text{m}^3\text{m}^{-3}$. Desta forma, quando ocorre retração mais intensa no solo, as condições para o crescimento das plantas já estão comprometidas.

Tabela 8 – Potencial matricial dos solos submetidos a secamento a temperaturas de 30° e 60°C, e a umidade volumétrica remanescente após o secamento até 105°C.

Solo	Horizonte	Temperatura (°C)	Ψ_m (kPa)	θ_V (m ³ m ⁻³)	IR
LV_{CN}	A	30	-22.670	0,076	0,064
	B	30	-29.430	0,089	0,046
	A	60	-224.450	0,007	0,067
	B	60	-230.870	0,008	0,049
NB_{PAI}	A	30	-111.840	0,027	0,089
	B	30	-139.660	0,028	0,049
	A	60	-206.560	0,012	0,096
	B	60	-247.100	0,006	0,075
LB_{VAC}	A	30	-241.830	0,051	0,110
	B	30	-217.170	0,005	0,089
	A	60	-267.310	0,005	0,130
	B	60	-235.020	0,011	0,089
NB_{CUR}	A	30	-24.590	0,080	0,105
	B	30	-50.960	0,039	0,085
	A	60	-117.720	0,012	0,106
	B	60	-97.080	0,020	0,087
NB_{PS}	A	30	-24.230	0,091	0,108
	B	30	-28.230	0,072	0,108
	A	60	-136.210	0,010	0,121
	B	60	-128.300	0,012	0,112
LB_{VAR}	A	30	-45.550	0,066	0,095
	B	30	-51.940	0,058	0,105
	A	60	-97.080	0,023	0,110
	B	60	-117.720	0,015	0,110
VE_{SL}	A	30	-51.300	0,190	0,040
		60	-268.210	0,039	0,130

* NB_{pai}: Nitossolo Bruno - Painei/SC; LB_{vac}: Latossolo Bruno - Vacaria/RS; LV_{CN}: Latossolo Vermelho - Campos Novos/SC; NB_{ps}: Nitossolo Bruno - Ponte Serrada/SC; NB_{cur}: Nitossolo Bruno - Curitiba/SC; LB_{var}: Latossolo Bruno - Vargem/SC;

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

4.2.3 Ajuste das curvas considerando a retração do solo

Conforme discutido anteriormente, observa-se que o processo de retração iniciou entre os Ψ_m de -10 a -100 kPa, com exceção do Vertissolo. Os solos NB_{PAI} A, LB_{VAC} B, NB_{CUR} A e B e NB_{PS} A e B, retraíram desde o ponto de -10 kPa, enquanto os solos LB_{VAC} A e LB_{VAR} A e B iniciaram a retração a partir de -100 kPa. Fato distinto ocorreu nos Vertissolos, onde a retração só foi perceptível a partir de -1.000 kPa. Até o Ψ_m de -1.500 kPa a retração variou entre 3,7 e 8,7% (Tabela 9). Maior intensidade ocorreu em Ψ_m inferiores a -1.500 kPa, no processo de secamento entre 30 e 105°C, pontos que alcançaram Ψ_m extremamente baixos (Tabela 9). O horizonte A dos solos LB_{VAC} e NB_{PS} apresentaram maior volume retraído ao final do secamento, próximo de 46 %, enquanto o LV_{CN} A e o LV_{CN} B apresentaram a menor retração da massa do solo.

Tabela 9 – Percentagem (%) de retração dos solos com o aumento do potencial matricial de água durante o secamento do solo.

Identificação	-10 kPa	-33kPa	-100 kPa	-500 kPa	-1000 kPa	-1500 kPa	30°C	60°C	105°C
LV _{CNA}	0	2,2	2,3	3,5	5,2	6,4	20	21	24
LV _{CNB}	0	2,5	2,5	3,4	4,2	5,1	14	16	20
NB _{PAI} A	2,3	2,9	2,9	3,3	5,7	7,2	29	32	40
NB _{PAI} B	0	2,9	3,0	3,1	4,7	6,4	16	24	33
LB _{VAC} A	0	0	2,5	2,6	2,7	3,7	45	45	47
LB _{VAC} B	1,4	1,4	2,2	2,2	2,9	4,2	26	26	29
NB _{CUR} A	1,6	1,6	1,6	2,2	4,3	6,0	35	36	37
NB _{CUR} B	1,6	2,7	2,7	2,9	5,4	5,6	21	22	39
NB _{PS} A	1,8	2,2	2,2	4,9	5,1	5,1	36	41	46
NB _{PS} B	2,4	2,9	3,1	3,4	8,7	8,7	39	39	40
LB _{VAR} A	0	0	1,0	1,8	1,9	3,7	31	37	44
LB _{VAR} B	0	0	2,7	2,9	3,8	5,6	35	37	43
VE _{SL}	0	0	0	0	2,2	4,8	14	43	51

* NB_{PAI}: Nitossolo Bruno - Paine/SC; LB_{VAC}: Latossolo Bruno - Vacaria/RS; LV_{CN}: Latossolo Vermelho - Campos Novos/SC; NB_{PS}: Nitossolo Bruno - Ponte Serrada/SC; NB_{CUR}: Nitossolo Bruno - Curitiba/SC; LB_{VAR}: Latossolo Bruno - Vargeão/SC; VE_{SL}: Vertissolo Ebânico – Santana do Livramento/RS

Fonte: Elaborado pela autora.

A retração no Vertissolo se intensifica apenas na temperatura acima de 60°C, entretanto o solo a 105°C é o que possui a maior massa retraída, diferentemente dos solos retráteis os quais apresentam uma retração gradual a partir do Ψ_m de -10 kPa (Tabela 9). Os Ψ_m do solo na temperatura de 60°C são superiores a -268.210 kPa para o Vertissolo (Tabela 8), que mostra

que a água está presente apenas nos criptoporos, ou seja, poros com diâmetro inferior a $0,1 \mu\text{m}$. A seguir será discutido o efeito desta retração no ajuste das CRA.

Ao analisar as CRA apresentadas na Figura 31 a Figura 36, que elas diferem em função do procedimento de ajuste, aquele que considera o volume do solo sem retração (volume do cilindro) ou o volume do solo retraído em cada potencial matricial aplicado nas câmaras de Richards.

Os parâmetros da equação de van Genuchten para cada curva estão apresentados na Tabela 10. Os parâmetros n e m foram pouco alterados pelo procedimento de ajuste das curvas. Entretanto, quando se considera a curva ajustada pelo volume de solo, o α (α) é maior do que o procedimento que considera o volume do cilindro. Isto indica que início do decaimento da curva ocorre em potenciais mais elevados, conforme exemplificado na

. Outra modificação que ocorre em função dos procedimentos de ajuste, é a umidade do solo no PMP, que é maior no procedimento que considera o volume retraído do solo (curva ajustada).

O aumento dos valores destes parâmetros indica que há redução da perda de água no Ψ_m mais elevado (valor de α maior), ou seja, a CRAS é menos inclinada em Ψ_m maiores, e que o teor de água decresce mais rapidamente na parte final da CRAS (valor de n e m maior) ou seja, ela é mais inclinada. Isto deixa claro que com o ajuste, a umidade no PMP (-1.500 kPa) é maior e consequentemente a AD é menor, já que a CC não é alterada (Figura 30).

Figura 30 - Alteração dos parâmetros α , n e m e modificações no formato das curvas de retenção de água.

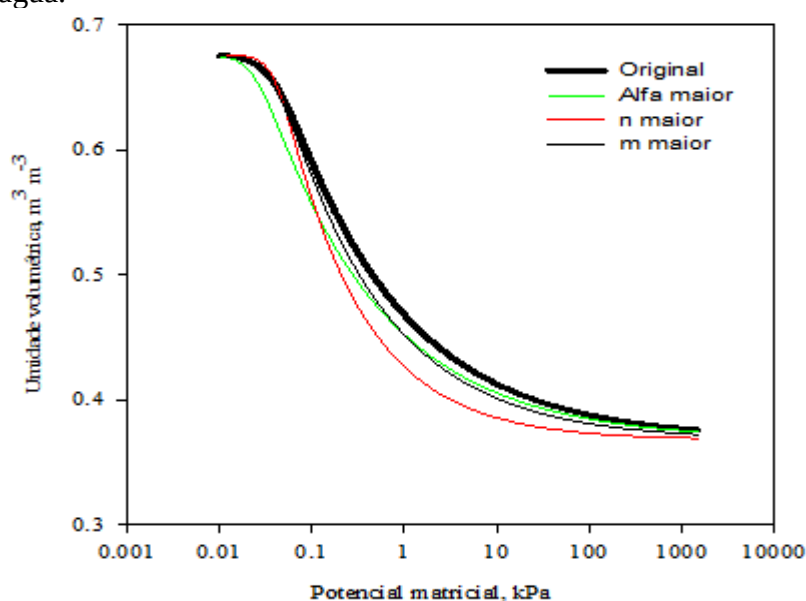


Tabela 10 - Parâmetros da equação de van Genuchten, para os dois procedimentos de ajuste das curvas, um considerando o volume do cilindro, e outro considerando o volume de solo retraído (aj), para os horizontes A e B dos solos.

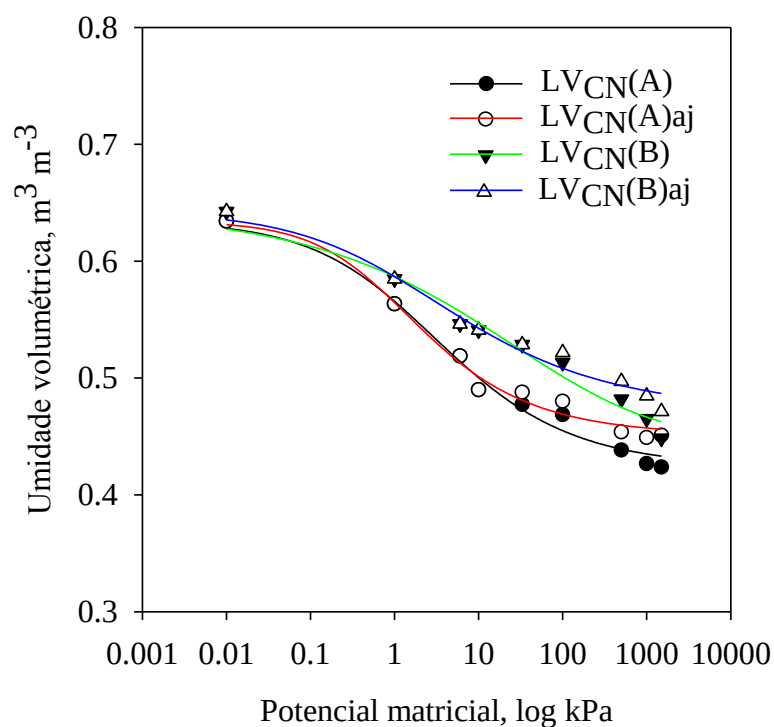
Identificação	θ saturação	θ -1.500kPa	α	n	m
LV_{CN} (A)	0,634	0,424	2,445	1,336	0,252
LV_{CN} (A)aj	0,634	0,451	2,758	1,399	0,285
LV_{CN} (B)	0,642	0,448	2,602	1,244	0,196
LV_{CN} (B)aj	0,642	0,471	3,839	1,255	0,203
NBPAI (A)	0,650	0,434	2,075	1,313	0,238
NBPAI (A)aj	0,650	0,465	2,829	1,330	0,248
NBPAI (B)	0,671	0,448	5,432	1,237	0,192
NBPAI (B)aj	0,671	0,477	8,969	1,244	0,196
LB_{VAC} (A)	0,646	0,322	7,122	1,265	0,209
LB_{VAC} (A)aj	0,646	0,334	8,128	1,270	0,212
LB_{VAC} (B)	0,660	0,354	5,377	1,260	0,206
LB_{VAC} (B)aj	0,660	0,369	6,153	1,264	0,209
NB_{CUR} (A)	0,693	0,413	4,391	1,271	0,213
NB_{CUR} (A)aj	0,693	0,438	4,890	1,297	0,229
NB_{CUR} (B)	0,658	0,49	6,207	1,298	0,230
NB_{CUR} (B)aj	0,658	0,432	7,847	1,317	0,245
NB_{PS} (A)	0,733	0,390	4,007	1,284	0,221
NB_{PS} (A)aj	0,733	0,405	5,116	1,271	0,213
NB_{PS} (B)	0,668	0,405	6,653	1,267	0,211
NB_{PS} (B)aj	0,668	0,426	11,500	1,246	0,197
LB_{VAR} (A)	0,685	0,442	0,424	1,335	0,258
LB_{VAR} (A)aj	0,685	0,458	0,505	1,341	0,254
LB_{VAR} (B)	0,676	0,349	2,293	1,326	0,246
LB_{VAR} (B)aj	0,676	0,368	2,447	1,351	0,260
VE_{SL}	0,627	0,451	2,978	1,222	0,182
VE_{SL} aj	0,627	0,472	3,281	1,265	0,210

* NB_{PAI}: Nitossolo Bruno - Painei/SC; LB_{VAC}: Latossolo Bruno - Vacaria/RS; LV_{CN}: Latossolo Vermelho - Campos Novos/SC; NB_{PS}: Nitossolo Bruno - Ponte Serrada/SC; NB_{CUR}: Nitossolo Bruno - Curitiba/SC; LB_{VAR}: Latossolo Bruno - Vargeão/SC; VE_{SL}: Vertissolo Ebânico –

Santana do Livramento/RS

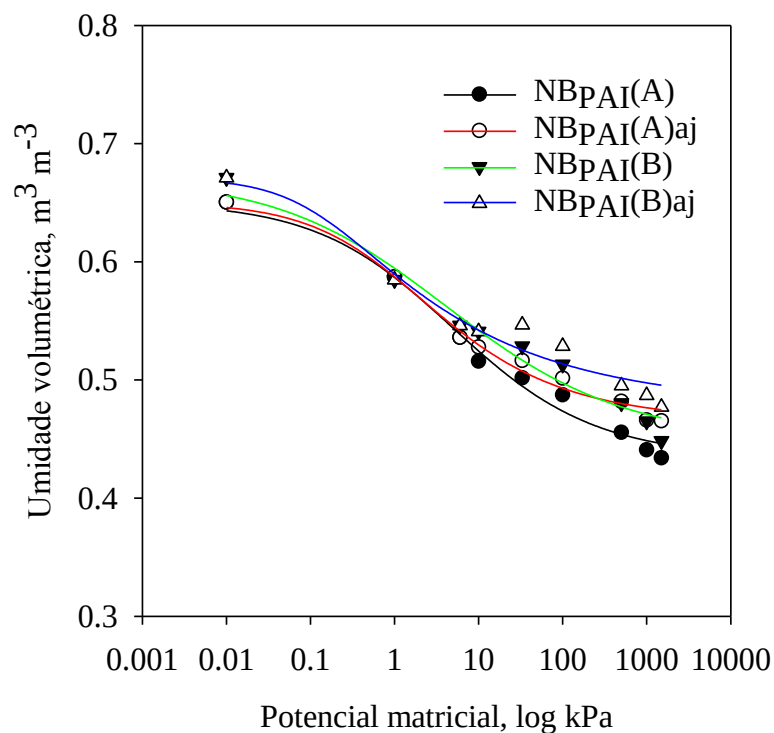
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 31 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Latossolo Vermelho de Campos Novo – SC.



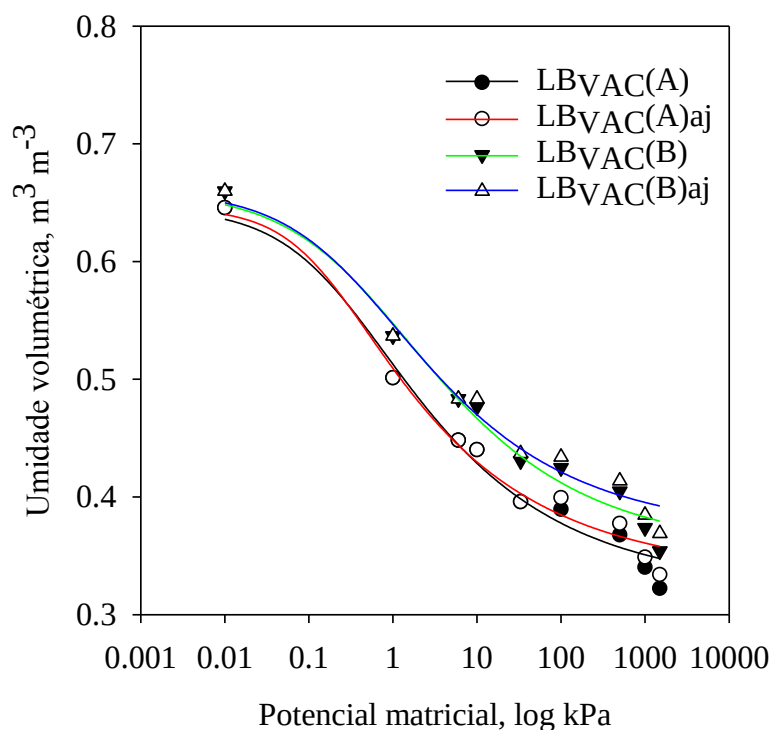
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 32 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Nitossolo Bruno de Painei - SC.



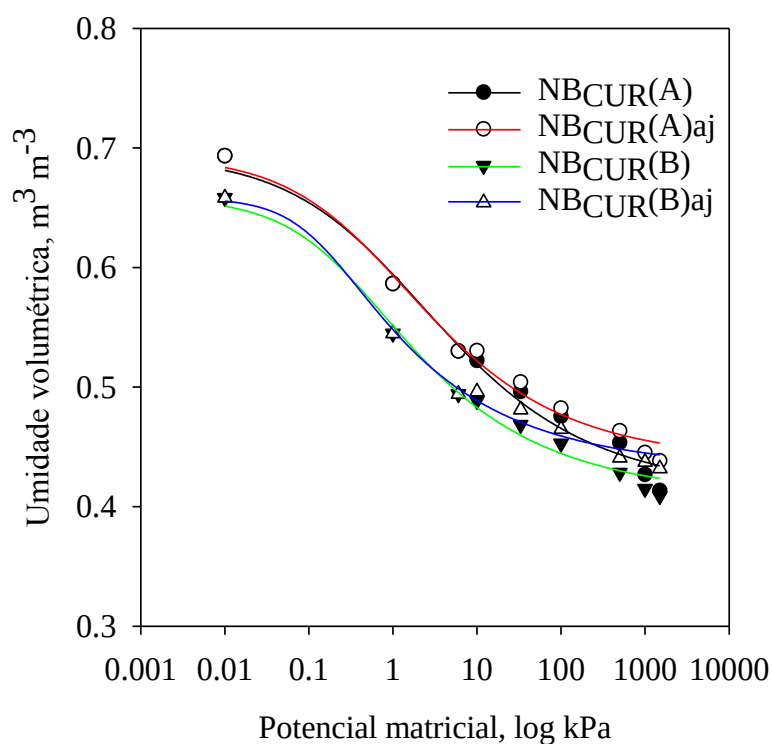
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 33 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Latossolo Bruno de Vacaria - RS.



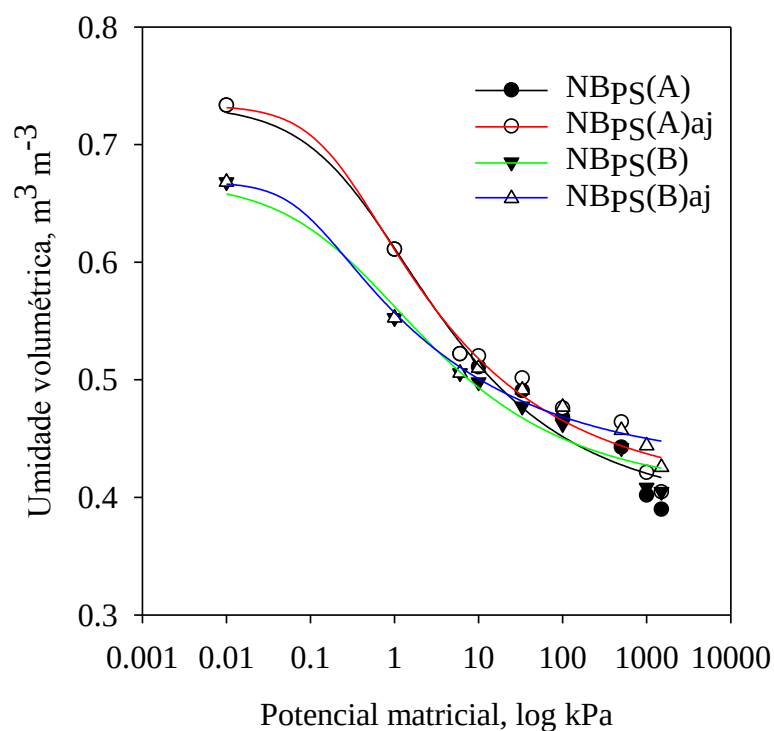
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 34 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Nitossolo Bruno de Curitiba - SC



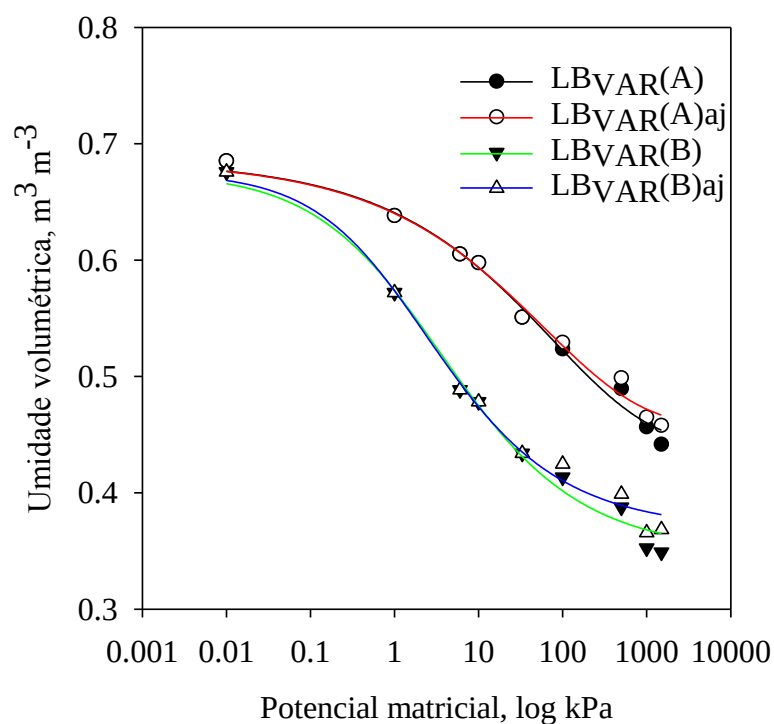
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 35 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Nitossolo Bruno de Ponte Serrada - SC.



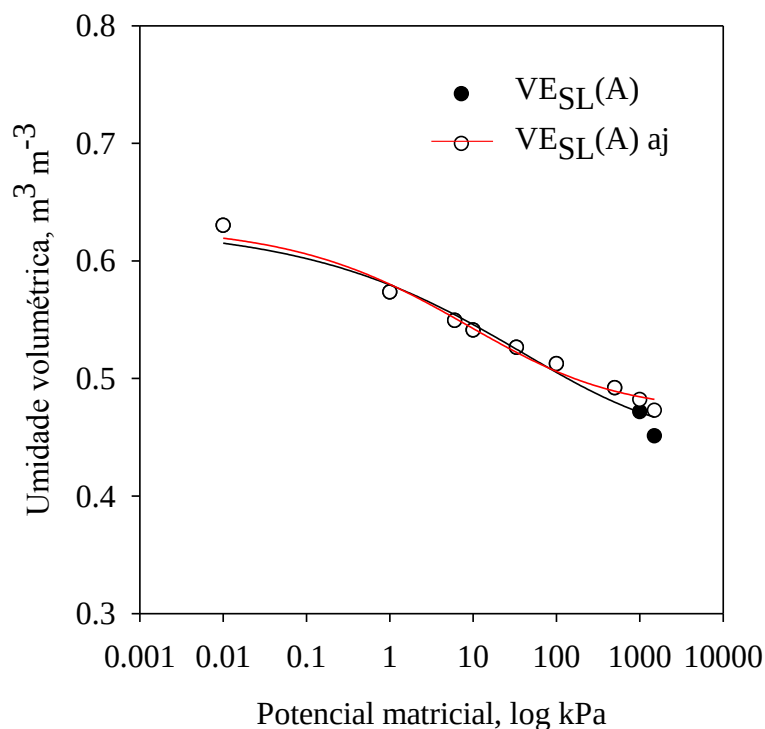
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 36 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, dos horizontes A e B do Latossolo Bruno de Vargeão - SC.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 37 - Curva de retenção de água no solo (com volume de solo não retraído) e curva de retenção de água no solo ajustada (aj) em função do volume retraído, do horizonte A do Vertissolo Ebânico – RS.



Fonte: Elaborado pela autora.

Como é possível observar, há uma diferença entre as CRAS plotadas pelo método padrão e as CRAS plotadas considerando o volume de solo retraído, já que o volume de solo ao retrair vai diferindo para cada Ψ_m do solo. Esta diferença no procedimento de cálculo altera a CC e, principalmente, o PMP e a AD (Tabela 11). A diferença na CC é pequena (entre 0 a 0,012 m³ m⁻³), pois como observado nas figuras acima a retração do solo começa a se tornar perceptível somente a partir da CC. Entretanto, as diferenças no PMP são maiores, até 0,031 m³ m⁻³. Esta diferença no PMP faz com que o teor de água disponível mude sensivelmente. A menor variação na AD foi observada no horizonte A do NB_{PS} (6%), enquanto a maior diferença foi no LV_{CN} (41%).

Em alguns solos esta alteração é elevada, pois alguns solos possuem baixo teor de AD. No estudo de Bortolini (2016) o autor relata que o teor de água disponível nos solos de SC varia de 0,04 a 0,26 cm³ cm⁻³ em horizontes superficiais, e 0,04 a 0,22 cm³ cm⁻³ em horizontes subsuperficiais. Assim, a redução da AD, em alguns solos, pode representar um percentual elevado (Tabela 11). Essa diferença é importante em períodos de déficit hídrico ou quando para culturas mais suscetíveis a falta de água, visto que estes são parâmetros utilizados no planejamento de sistemas de irrigação.

Tabela 11 – Diferenças de valores de CC, PMP e AD para os horizontes A e B dos solos retráteis calculados pelo método padrão em relação ao método da CRAS ajustada pela retração do solo.

Solos	CC	PMP	AD	AD
		----- m ³ m ⁻³ -----		%
LV _{CNA}	0,000	-0,027	0,027	41
LV _{CNB}	0,000	-0,023	0,023	27
NB _{PAIA}	-0,012	-0,031	0,019	25
NB _{PAIB}	0,000	-0,029	0,029	39
LB _{VACA}	0,000	-0,012	0,012	15
LB _{VACB}	-0,007	-0,015	0,008	9
NB _{CURA}	-0,008	-0,025	0,017	20
NB _{CURB}	-0,008	-0,023	0,015	26
NB _{PSA}	-0,009	-0,015	0,006	6
NB _{PSB}	-0,012	-0,021	0,009	13
LB _{VARA}	0,000	-0,016	0,016	12
LB _{VARB}	0,000	-0,020	0,020	18
VE _{SL}	0,000	-0,022	0,022	24

Fonte: Elaborado pela autora.

Deste modo, são necessários mais estudos para avaliar o efeito da retração dos solos na retenção de água na CC e PMP e, principalmente na disponibilidade de água as plantas.

5 CONCLUSÕES

O índice de retração dos solos avaliados varia de 0,06 a 0,15, o qual foi mais relacionado ao índice de plasticidade e teor de argila.

Conforme observado no Nitossolo Bruno de Painei, observa-se que a matéria orgânica tem efeito direto no processo de retração. No entanto, a intensidade da retração é dependente da estruturação do solo.

Analisando as curvas de retração em cada Ψ_m , se observa que o solo inicia a retração entre -10 a -100 kPa, mas o processo fica mais intenso a partir de -1.500 kPa. Ou seja, inicia quando os mesoporos se esvaziam e se intensifica quando os ultramicroporos perdem água. Isto corrobora a hipótese de que a retração está associada ao rearranjo da estrutura do solo quando o mesmo perde água.

A curva de retenção de água, de um mesmo solo, difere em função do procedimento de cálculo utilizado no seu ajuste. Portanto, nos solos com caráter retrátil, a umidade volumétrica do solo deve ser calculada considerando o volume de solo em cada potencial matricial avaliado. Para solos que não apresentam retração, pode ser considerado o volume do cilindro que contém o solo. Este procedimento garante que o teor de água disponível seja calculado com valores corretos de capacidade de campo e, principalmente, de ponto de murcha permanente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assumindo a hipótese principal deste trabalho que foi determinar que a retração do solo ocorre no espaço poroso do solo, e principalmente nos poros de menor diâmetro, devido ao movimento de água no solo, reflete-se a seguir sobre as principais dificuldades encontradas no processo de estudo do caráter retrátil.

Em um primeiro momento, cogitou-se a ideia de se trabalhar com imagens, entretanto, surge a primeira dificuldade da geração de imagens no tamanho de poros desejados, já que são poros pequenos (inferior a um μm), sabendo que a maioria dos métodos trabalham em uma faixa de resolução acima deste tamanho.

O segundo ponto que dificulta o procedimento é relativo ao potencial em que a retração começa a surgir, e geralmente existe muita água na porosidade do solo, e esta por apresentar densidade diferente da amostra de solo, pode causar dificuldade na distinção da água e da porosidade dependendo o equipamento utilizado.

Foi possível entender dos estudos até o momento que, a estrutura do solo tem um grande papel sobre a retração, e aliado a fatores como a mineralogia e o teor de matéria orgânica no solo intensificam essa condição. Quanto a curva de retenção de água no solo foi possível estabelecer o potencial matricial que o solo começou a retrain e também exemplificar que solos que apresentam retração devem fazer o ajuste do volume, para não gerar dados com valores errados de água disponível.

Algumas técnicas foram estudadas na intenção de aplicar aos solos retráteis, entretanto nenhuma delas se tornaria eficiente a necessidade exigida, sendo que os principais problemas encontrados foram, a resolução das imagens, visto que, supõem que o maior responsável pela retração do solo está acontecendo em uma porosidade inferior a um micrômetro, enquanto a maioria das tomografias de raio X se trabalha em uma resolução que atinge no máximo cinco μm .

Outra técnica cogitada foi a microtomografia, que consiste em adquirir imagens de projeção de raio x de diferentes ângulos ao redor de um objeto, e converter este conjunto de imagens em seções tridimensionais. A principal diferença desta para a tomografia computadorizada é a resolução da imagem, a qual favorece a visualização e caracterização de objetos pequenos. Essa técnica é não destrutiva e possui o mesmo princípio da tomografia computadorizada, entretanto sua grande vantagem reside no tamanho do foco do tubo de raios X, que aqui é da ordem de micrometros. Porém a dificuldade encontrada a este procedimento é

que precisava-se acompanhar os solos em diversos estágios de umidade do solo, contudo a água iria prejudicar as imagens obtidas.

Um aspecto o qual também foi considerado, seria a avaliação da porosidade do solo através da análise de micromorfologia, esta por sua vez trabalha com lâminas retirada de um bloco de solo, a qual atenderia o critério de manter as amostras com a estrutura não alterada, as amostras costumam ser impregnadas com resina, na qual é adicionado corante com pigmentação fluorescente e após secagem das amostras são produzidos blocos polidos que são submetidos à iluminação por luz ultravioleta. A adição do pigmento fluorescente permite que os poros sejam claramente diferenciados dos agregados de solo na imagem obtida por microscopia óptica, porém para manter estas amostras nas tensões as quais ainda existem água na amostra, se torna inviável, pois a resina utilizada para impregnar a amostra precisa apresentar comportamento distinto da água, para quando entrar em contato com o solo não desencadear a expansão dos mesmos prejudicando o rearranjo das estruturas.

Outro problema no caso de fazer a substituição da água da amostra por acetona (que é a mais utilizada, entretanto existem outras opções, entretanto muitas têm seu potencial de uso diminuído devido sua toxicidade), essa substituição pode ocasionar a desintegração estrutural das amostras, gerando uma redução no espaçamento entre as argilas que para o trabalho em questão seria extremamente prejudicial.

As técnicas citadas acima, exemplificam a principal dificuldade do trabalho, que foi selecionar um equipamento com sensibilidade o suficiente para alcançar o objetivo de gerar imagens do processo de retração em uma faixa de tamanho inferior a um μm , visto que na maioria dos trabalhos consultados a umidade das amostras é retirada, em geral as amostras são submetidas a secamento, que podem variar em número de dias e temperatura, o que no caso do presente estudo era um fator primordial, pois a umidade de determinadas tensões é fundamental para ditar o comportamento da retração nos poros.

Desta forma considera que a maioria dos avanços em relação a este estudo se deram de forma teórica, faltando a elaboração de uma metodologia capaz de avaliar com clareza o rearranjo da porosidade do solo enquanto o processo de secamento ocorre. Portanto, são necessários mais estudos para determinar com clareza o processo de retração do solo, pois este estudo necessita ser ampliado.

REFERÊNCIAS

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W. R. Soil physics. 4.ed. New York: John Wiley, 1972. 498p.

BRADY, N. C.; WEIL, R.R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 704p

BREWER, R. — Fabric and mineral Analysis of Soils. John Wiley and Sons, Inc., New York, XIII 470 pp. 1964.

CARTER, D.L.; MORTLAND, M.M. & KEMPER, W.D. Specific surface. In: KLUTE, A., Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods. 2.ed. Soil Sci.Soc.of America. Madison, 1986.

CARTER, M.; BENTLEY, S. P. Soil Properties and their Correlations, Second Edition. 2016 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2016 by John Wiley & Sons, Ltd.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Agudo (Folha SH.22-V-C-V, escala 1:100.000). Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2007.

COSTA, A.L. Godoy, H. Contribuição para o conhecimento do clima do solo de Ribeirão Preto. Bragantia. 1962. v. 21: p. 689-742.

COULOMBE, C. E. Dixon, J. B. Wildinn, L.P. Mineralogy and chemistry of Vertisols Vertisols and technologies for their management. 1996

DAY, P. **Particle fractionation and particle-size analysis**. In: Black C.A. (ed.). Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison. Ame. Soc.of Agronomy. 1965.

DECAGON DEVICES, Inc. Operator's manual version 3 WP4 Dewpoint PotentiaMeter. Pulmann: Decagon Devices, 2003. 77p.

DERPSCH, R. Sidiras, N.; Heinzmann, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. Pesquisa Agropecuária Brasileira.1985. v. 20, n. 7: p. 761-773.

DIAS JUNIOR, M.S. & PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. R. Bras. Ci. Solo, 20:175-182, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: 1999. 412 p.

EMBRAPA & EPAGRI. VIII RCC Reunião Nacional de Correlação e Classificação de Solos (Santa Catarina). Santa Catarina. 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 3 ed. rev. ampl. – Brasília. Embrapa. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro. Embrapa Solos. 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 5 ed. rev. ampl. – Brasília. Embrapa. 2018.

FERREIRA, M, M, Caracterização Física do Solo, In Física do Solo / editor Quirijn de Jong van Lier, Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, Pg 2-12

HILLEL, D. Introduction to soil physics. San Diego, Academic Press, 1982. 365p.

HONGYU, K. Comparação do GGE-biplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo $\times$ ambiente. 2015. 155p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/atlas_nacional

JACOMINE, PKT. A nova classificação brasileira de solos. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vols. 5 e 6, p.161-179, 2008-2009.

JENNY, H. Factors of Soil Formation. New York, Mcgraw Hill. 281p. 1941

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. Applied multivariate statistical analysis. Madison: Prentice Hall International, 1998. 816p.

KÄMPF, N.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: CURI, N. et al. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa: UFV, 2003. v.3, p.1-54.

KÄMPF, N.; MARQUES, J. J.; CURI, N. Mineralogia de solos brasileiros. In: KER, J. C. et al. (Eds.). Pedologia: Fundamentos. Viçosa: SBCS, 2012, p.207-302.

KONDO, M.K. Compressibilidade de três Latossolos sob diferentes usos. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1998. 105p. (Tese de Mestrado)

LEAMER, R.W.; SHAW, B. A simple apparatus for measuring noncapillary porosity in extensive scale. Journal of American Society of Agronomy, Madison, v.33, p.1003-1008, 1941.

LEMOS & SANTOS. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Embrapa, 100p. 2015.

LIBARDI, P.L.; Dinâmica da água no solo. 1º ed. Piracicaba: Editora EDUSP. 2005

MELO, V.F. WYPYCH, F. Caulinita e Halosita. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F. Química e mineralogia do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v.2. p.381-447.

MOUSTAKAS, N. K. A study of Vertisol genesis in North Eastern Greece. Catena, v. 92, p. 208-215, 2012.

NELSON, J.D., Miller, D.J. Expansive soils: problems and practice in foundation and pavement engineering, New York, John Wiley & Sons. 1992.

PÉRTILE, P. Propriedades mecânicas em micro e mesoescala de solos do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado 2015. 164 p.; 30

REICHARDT, KLAUS; TIMM, LUIS CARLOS. Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicações. 1ª ed. Editora Manole. 2003, 500p

REINERT, D. J.; Reichert, J. M. L. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e teste. Ciência Rural, v. 36, n.6, p. 1931-1935, 2006.

REINERT, D. J. et al. Principais Solos da Depressão Central e Campanha do Rio Grande do Sul: Guia de Excursão. 2ed. Santa Maria: Gráfica Universitária – UFSM, 2007. 47 p.

RICHARDS, L. Methods of measuring moisture tension. Soil Science, v. 58, n. 1, p. 95-112, july. 1949.

SAS – STAT. **Procedures Guide for Personal Computers**. Version 6. 3ed. Cary, SAS Institute Inc., 2009.

SHAW C.F Potent factors in soil formation. Ecology, vol XI. 239-245p. (1930)

SILVA, L. da, Caráter retrátil de Nitossolos e Latossolos do Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. 128 p. Lages, 2015.

SILVA, L, SEQUINATTO, L. ALMEIDA, J. A., BORTOLINI, D. Methods for Quantifying Shrinkage in Latossolos (Ferralsols) and Nitossolos (Nitisols) in Southern Brazil. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 2017, vol.41. ISSN 0100-0683

SOIL SURVEY STAFF. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Natural Resources Conservation Service, Whashington, DC, 1974.

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

TABOADA, M.A. 2004. Soil shrinkage characteristics in swelling soils. Vol. XVIII College on Soil Physics 2003. (ISBN 92-95003-26-9) (www.ictp.it).

TAYLOR, R.K. & Smith, T.J. The engineering geology of clay minerals; swelling, shrinking and mudrock breakdown. 235-260. 1986.

TESSIER, D. Etude experimentale de l'organisation des matgriaux argileux: Hydratation, gonflement et structuration au cours de la dessication et de la rehumectation: These Univ. Paris VII, INRA Versailles. 1984

TESTONI et al., Mineralogia da fração argila de Latossolos e Nitossolos Brunos e Vermelhos com caráter retrátil do sul do Brasil. Dissertação. 2015.

TORMENA, C.A. & Silva, A.P. Incorporação da densidade no ajuste de dois modelos à curva de retenção de água no solo. R. Bras. Ci. Solo, 26:305-314, 2002.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, sept. 1980.

VASCONCELOS, R. F. B. de et al. Limites de consistência e propriedades químicas de um latossolo amarelo distrocoeso sob aplicação de diferentes resíduos da cana-de-açúcar. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2010, vol.34, n.3, pp.639-648. ISSN 1806-9657. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300005>.

WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES - WRB: A framework for international classification, correlation and communication. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, IUSS/ISRIC/FAO, 1998. 145p.

ANEXOS

ANEXO A - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – NB_{PAI}

DATA – 23/06/2008

CLASSIFICAÇÃO – Nitossolo Bruno Distrófico típico, textura muito argilosa, Amoderado, álico, caulínítico, mesoférico, fase moderadamente rochosa, floresta subtropical perenifolia altimontana (mista com pinheiros), relevo ondulado,

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO- Trevo da BR-282 com a SC-438, pela SC-438 em direção a Paineal e São Joaquim, a 21,4Km do trevo e a 2,1Km após a Polícia Rodoviária, em barranco do lado esquerdo da rodovia, Município de Paineal,

COORDENADAS – 27° 53' 41,8"S; 50° 07' 45"W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – meia encosta com 15% de declive, sob campo com araucárias e matas de galeria,

ALTITUDE – 1150m

LITOLOGIA – Basalto

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento; Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto da decomposição das rochas supracitadas

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma

PEDREGOSIDADE – não pedregosa (no perfil)

ROCHOSIDADE – moderadamente rochoso

RELEVO LOCAL – ondulado

RELEVO REGIONAL – ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Ombrófila Mista (com pinheiro)

USO ATUAL – pastagem

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Antonio de Almeida, Murillo Pundek João Bertoldo de Oliveira, César da Silva Chagas, José Augusto Laus Neto, Denílson Dortzbach, André da Costa,

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-17cm; (8YR 4/4, úmido); bruno forte (7,5YR 4/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca blocos subangulares e moderada pequena e média granular; ligeiramente duro a duro; friável a firme; plástico e pegajoso, transição gradual,

AB 17-43cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido); bruno forte (7,5YR 4/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média prismática que se desfaz em moderada a fraca grande blocos subangulares; duro; firme; plástico e pegajoso; transição gradual,

BA 43-63cm; bruno amarelado escuro (9YR 4/4, úmido); bruno amarelado escuro (10YR 4/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média prismática que se desfaz em moderada a fraca média blocos subangulares; firme; duro; plástico e pegajoso; transição difusa,

Bt1 63-94cm; vermelho amarelado (8YR 4/6, úmido); bruno amarelado (10YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada grande prismática que se desfaz em moderada média blocos subangulares, duro; firme; plástico e pegajoso; transição difusa,

Bt2 94-127cm; bruno amarelado escuro 9YR 4/6, úmido); bruno amarelado (10YR 5/8, seco); muito argilosa; moderada a forte prismática que se desfaz em moderada média e grande blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; firme; plástico e pegajoso; transição difusa e plana,

Bt3 127-146cm; bruno amarelado escuro (10YR, 4/6, úmido); bruno amarelado (10YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada média prismática que se desfaz em moderada média e grande blocos angulares; cerosidade fraca e comum; firme; plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana,

Bt4 146-174cm; bruno amarelado (10YR 5/6, úmido); bruno amarelado (10YR 5/6, seco); argilosa; moderada grande blocos subangulares; firme a muito firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana,

BC 174-190 cm+,

OBSERVAÇÕES:

Bt1 – o consenso para a cerosidade foi fraca e pouca (Jaime: fraca e comum); (Bertoldo: moderada e comum),

Bt2 – cerosidade (Bertoldo: moderada e comum); (César: Moderada e pouca),

Bt3 – presença de cutans (ferri argilans) grau moderado na superfície dos blocos com cores 7,5YR 5/8,

Bt4 – presença de cutans de grau forte e comuns nas faces verticais (ferri argilans) com cores 7,5YR 5/8,

Na porção inferior do Bt4, próximo ao contato com a camada do manganês, observa-se cores de redução apresentando mosqueados com cores 7,5YR 5/8,

Raízes: A – muitas e fasciculadas

AB – muitas e fasciculadas

BA – comuns Bt1 – poucas

Bt2/ Bt3/ Bt4 – raras

ANEXO B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – LB_{VAC}

DATA: 13/10/1999

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR: LATOSSOLO BRUNO ÁLICO epidistrófico A proeminente textura muito argilosa

CLASSIFICAÇÃO ATUAL: LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico

LOCALIZAÇÃO: cerca de 5 km de Vacaria na estrada para Bom Jesus, 550 metros além da entrada para a Unidade do Centro de Uva e Vinho da Embrapa, barranco do lado direito.

COORDENADAS: 28°30'47.40"S; 50°53'36.90"W

SITUAÇÃO NA PAISAGEM: terço superior de encosta com 5% de declive

ALTITUDE: 1000 m

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: rochas basálticas do Grupo São Bento, Juro-Cretáceo.

MATERIAL ORIGINÁRIO: produtos de alteração das rochas acima mencionadas

RELEVO LOCAL: suave ondulado

RELEVO REGIONAL: suave ondulado e ondulado

EROSÃO: não aparente

DRENAGEM: bem a acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: campo subtropical

USO ATUAL: pastagem

DESCRITO E COLETADO: Gustavo Ribas Curcio, Américo Pereira de Carvalho, Márcio Rossi, Jaime Antônio de Almeida e Maurício Rizzato Coelho,

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 – 26 cm; bruno-escuro (8,5YR 3/3), bruno a bruno-escuro (8,5YR 4/2, seco); muito argilosa; moderada grande a pequena blocos subangulares que se desfaz em moderada a forte pequena e muito pequena granular; ligeiramente dura, friável a firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana,

A2 – 44 cm; bruno-escuro (8,5YR 3/3,5), bruno a bruno-escuro (8,5YR 4/2, seco); muito argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares que se desfaz em moderada a forte pequena e muito pequena granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana,

AB – 65 cm; bruno a bruno-escuro (8,5YR 4/3, úmido e seco); muito argilosa; moderada grande blocos subangulares que se desfaz em moderada a forte pequena e muito pequena granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana,

BA – 80 cm; bruno a bruno-escuro (7,5YR 4/4); muito argilosa; fraca a moderada grandes blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável a firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana,

Bw1 – 100 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição difusa e plana,

Bw2 – 130 cm; bruno-avermelhado (6,0YR 4/4); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição difusa e plana,

Bw3 – 177 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada muito pequena e pequena granular; muito dura, friável a firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição difusa e plana,

Bw4 – 220 cm+; bruno-forte (7,5YR 4/6); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável a firme, ligeiramente plástica e pegajosa,

RAÍZES: A1 – muitas fasciculadas finas e médias; A2 – muitas a comuns fasciculadas finas; AB – comuns finas; BA, Bw1 e Bw2 – poucas finas; Bw3 e Bw4 – raras finas,

POROS: A1 e A2 – muitos muito pequenos e pequenos comuns médios; AB – muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios, poucos grandes; BA – muitos muito pequenos e pequenos, poucos médios e grandes; Bw1 – muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios; Bw2 – muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios, poucos grandes; Bw3 e Bw4 – comuns pequenos e muito pequenos, poucos médios,

ANEXO C – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – LV_{CN}

DATA – 24/07/99,

CLASSIFICAÇÃO ATUAL – Latossolo Vermelho Distrófico retrático úmbrico,

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO - Rodovia BR-470, trecho Campos Novos - Curitiba, a 13,2Km após o trevo principal de acesso a Campos Novos e a cerca de 2km antes do trevo para São José do Cerrito, em barranco do lado direito da rodovia, Município de Campos Novos, SC,

COORDENADA– 27° 22' 34,93"S; 51° 05' 26,92" W

SITUAÇÃO, DECLIVE e COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Coletado em barranco de corte de estrada, topo de elevação, com área de relevo suave ondulado, cerca de 6% de declive, sob vegetação de campo nativo,

ALTITUDE - 939m,

LITOLOGIA – Basalto,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Serra Geral,

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produtos de alteração do basalto, CRONOLOGIA – Jurássico Triássico, Grupo São Bento, PEDROGOSIDADE – Não pedregoso,

ROCHOSIDADE - Não rochoso,

RELEVO LOCAL – Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL – Ondulado,

EROSÃO – Não aparente,

DRENAGEM - Bem drenado,

USO ATUAL – Campo nativo,

CLIMA – Cfb,

DESCRITO E COLETADO POR - Joelcio Gmach; Douglas A, N, de Oliveira; Jaime Antonio Almeida,

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0 – 11 cm, bruno-avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, seco); muito argilosa, moderada muito pequena e pequena granular; ligeiramente duro, friável à firme; transição gradual e plana,

A2 11 – 35 cm, bruno-avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); vermelho amarelado (5YR 4/6, seco); muito argilosa; fraca à moderada pequena e média blocos subangulares e moderada pequena granular, ligeiramente dura, friável à firme; transição gradual e plana,

AB 35 – 50 cm, bruno-avermelhado escuro (5YR 3/4 úmido); bruno avermelhado (5YR 4/4, seco); muito argilosa; fraca à moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável; transição gradual e plana,

BA 50 – 71 cm, bruno-avermelhado escuro (4YR 3/4, úmido); vermelho amarelado (4YR 4/6 seco); argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável à firme; transição gradual e plana,

Bw1 71 – 98 cm, bruno avermelhado escuro (3,5YR 3/4, úmido); bruno avermelhado escuro (3,5YR 3/8, seco); argilosa, fraca à moderada, pequena e média blocos subangulares e forte pequena e muito pequena granular; ligeiramente duro, friável a firme; transição difusa e plana,

Bw2 98 – 220 cm, vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); vermelho escuro (2,5YR 4/6, seco); argilosa, fraca muito pequena e pequena blocos subangulares e forte pequena e muito pequena granular; duro, friável; transição difusa e plana,

Bw3 220 – 350 cm + (coletada amostra com trado na profundidade de 350 cm), Atividade da Argila: Bw1: 7,4; Bw2: 7,5; Relação textural = 1,09,

ANEXO D – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – NB_{PS}

DATA – 25/06/2008

CLASSIFICAÇÃO ATUAL – Nitossolo Bruno Distrófico húmico latossólico rúbico,

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO - BR-282 – trecho Vargeão – Ponte Serrada a 16,5Km após o trevo de Vargeão e a 3 km antes do acesso a Ponte Serrada, Ponte Serrada, SC,

COORDENADA – 26° 51' 22,91S; 52° 02' 32,71W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – topo de elevação com 5% de declive sob culturas anuais,

ALTITUDE – 1065m,

LITOLOGIA – Efusivas ácidas – Dacito,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Serra Geral,

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto de decomposição das rochas supracitadas,

CRONOLOGIA – Jurássico Triássico, Grupo São Bento, PEDROGOSIDADE – Não pedregoso,

ROCHOSIDADE – Não rochoso,

RELEVO LOCAL – Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL – Ondulado,

EROSÃO – Não aparente,

DRENAGEM – Bem drenado,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Ombrófila Mista (com pinheiros),

USO ATUAL – Culturas anuais,

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Antonio de Almeida, Murillo Pundek, João Bertoldo de Oliveira, César da Silva Chagas, José Augusto Laus Neto, Denílson Dortzbach, André da Costa,

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0 – 21 cm; bruno (7,5YR 4/2, úmido); bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, seco); muito argilosa; moderada média e pequena granular; firme; plástico a muito plástico e pegajoso; transição gradual e plana,

A2 21 – 34 cm; bruno (7,5YR 4/3, úmido); bruno escuro (7,5YR 3/2, seco); muito argilosa; moderada média blocos subangulares e moderada média e pequena granular; firme; plástico a muito plástico e pegajoso; transição clara e plana,

AB 34 – 66 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido); bruno (7,5YR 4/4, seco); muito argilosa; moderada a fraca média e pequena blocos subangulares; friável; plástico a muito plástico e pegajoso; transição gradual e plana,

BA 66 – 86 cm; bruno forte (7,5YR 5/6, úmido); bruno forte (7,5YR 4/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média e pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; friável; plástico a muito plástico e pegajoso; transição difusa e plana,

Bt1 86 – 130 cm; bruno forte (7,5YR 4/6, úmido); bruno forte (7,5YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média prismática que se desfaz em moderada a fraca média e 367 pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; friável; plástico e pegajoso; transição difusa e plana,

Bt2 130 – 159 cm; bruno forte (6YR 4/6, úmido); bruno forte (7,5YR 5/8, seco); muito argilosa; moderada a fraca média e pequena blocos subangulares e angulares; cerosidade moderada e pouca; firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana,

Bt3 159 – 217 cm+; vermelho escuro (3,5YR 4/6, úmido); vermelho amarelado (5YR 4/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média e pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; friável a firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso,

OBSERVAÇÕES: Raízes: A1: poucas, muito finas e finas, A2; AB E Bt1: raras e finas, Ausente nos demais horizontes, Atividade de Argila: Bt1: 12,9; Bt2: 10,1; Bt3: 9,6; Relação Textural: 1,05,

ANEXO E – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – NB_{cur}

DESCRIÇÃO GERAL: PROJETO: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

INSTITUIÇÃO: EPAGRI-CIRAM (Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de SC-Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina); IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística); UDESC-DSRN (Universidade do Estado de Santa Catarina-Departamento de Solos e Recursos Naturais); UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina).

DATA: 16/10/2012

CLASSIFICAÇÃO: NITOSSOLO BRUNO.

UNIDADE DE MAPEAMENTO: Vacaria.

LOCALIZAÇÃO: Aproximadamente 1 km a partir do trevo de Curitibanos na BR470 sentido a Campos Novos no lado esquerdo da via.

MUNICÍPIO E ESTADO: Curitibanos - SC.

COORDENADAS: 27°18'42,2"S e 50°35'26,8"W (Datum SAD69).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: barranco em beira de estrada com aproximadamente 10% de declive coberto por gramíneas.

ALTITUDE: 1018 m.

LITOLOGIA: Basalto.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral.

CRONOLOGIA: Juro-Cretáceo.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Intemperismo/alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Ondulado.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta subtropical perenifólia (floresta ombrófila mista) e vegetação campestre de altitude (campo subtropical).

USO ATUAL: Pastagem.

CLIMA: Cfb.

DESCRITO E COLETADO POR: Antônio Lunardi Neto; Denilson Dortzbach; Jaime Antônio Almeida; Pablo Grahl dos Santos e Sérgio Hideiti Shimizu.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 - 0-15 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/3, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); moderada pequena granular e moderada pequena e muito pequena blocos angulares e subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

A2 - 15-40 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/3, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); moderada pequena e muito pequena blocos angulares e subangulares e moderada pequena granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

AB - 40-55 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/3, úmido) e bruno (7,5YR 4/3, seco); moderada pequena e muito pequena blocos angulares e subangulares; dura, friável a firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 55-80 cm; bruno-avermelhado-escuro a bruno-avermelhado (5YR 3,5/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); forte grande prismática que se desfaz em moderada média e pequena blocos subangulares e angulares; cerosidade fraca e comum; muito dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₁ - 80-128 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); forte grande prismática que se desfaz em moderada média e pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; muito dura a extremamente dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bt₂ - 128/180 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); forte grande prismática que se desfaz em moderada média e pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; superfícies foscas comuns vermelho-amareladas; muito dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bt₃ - 180-210+ cm; bruno-avermelhado-escuro a bruno-avermelhado (4YR 3,5/4, úmido); fraca a moderada grande prismática que se desfaz em fraca a moderada média e grande blocos subangulares; superfícies foscas comuns vermelho-amareladas; friável, plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES – Abundantes fasciculadas finas no A1 e A2; muitas fasciculadas finas no AB e BA; comuns fasciculadas finas no Bt₁; poucas fasciculadas finas no Bt₂ e raras fasciculadas finas no Bt₃.

OBSERVAÇÕES:

- Grãos de quartzo milimétricos e centimétricos comuns no AB, BA e Bt₁, raros centimétricos nos demais horizontes inferiores;

- Pelotas centimétricas de material orgânico na parte inferior do B;
- Intensa atividade biológica de cupins até o Bt₁;
- Intenso fendilhamento no B quando seco “caráter retrátil”;
- Capeamento de plasma vermelho-amarelado (5YR 4/6) no Bt₃ recobrando toda a face de alguns macroagregados principalmente nas fendas maiores, idem no Bt₂, mas em menor quantidade.

ANEXO F – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA – LB_{VAR}

DATA – 25/06/2008

CLASSIFICAÇÃO ATUAL – Latossolo Bruno Distrófico nitossólico húmico, textura muito argilosa, álico, caulínítico, mesoférico, fase floresta subtropical perenifólia altimontana (mista com pinheiros), relevo suave ondulado,

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO: BR-282, trecho Vargeão – Ponte Serrada a 10Km após o trevo principal de Vargeão, 100m antes do Km 467, em barranco do lado direito da rodovia, Município de Vargeão,

COORDENADAS – 26° 51' 13,3"S; 52° 05' 56"W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – topo de elevação com declividade de 3% sob vegetação herbácea e arbustiva em contato com culturas anuais,

ALTITUDE – 1043m

LITOLOGIA – Efusivas ácidas - Dacito

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento – Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO – produto de decomposição das rochas supracitadas

CRONOLOGIA – Jurássico – Cretáceo – 120 - 140 Ma

PEDREGOSIDADE – não pedregoso

ROCHOSIDADE – não rochoso

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Ombrófila Mista (com pinheiro)

USO ATUAL – culturas anuais

CLIMA – Cfb

DESCRITO E COLETADO POR – Jaime Antonio de Almeida, Murillo Pundek, João Bertoldo de Oliveira, César da Silva Chagas, José Augusto Laus Neto, Denílson Dortzbach, André da Costa,

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0–30cm; bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido); bruno avermelhado escuro (5YR 3/2, seco); muito argilosa; moderada pequena a muito pequena granular; muito friável; plástico e pegajoso; transição gradual e plana,

A2 30–71cm; bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); bruno avermelhado escuro (5YR 3/2, seco); muito argilosa; fraca média blocos subangulares e moderada média e pequena granular; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana,

AB 71–80cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido); bruno escuro (7,5YR 3/4, seco); muito argilosa; fraca a moderada média blocos subangulares e moderada média e pequena granular; friável a muito friável; plástico a muito plástico e pegajoso; transição clara e plana,

BA 89–94cm; bruno (8YR 4/3, úmido); bruno amarelado escuro (10YR 4/6, seco); muito argilosa; fraca a moderada média e pequena blocos subangulares; friável; plástico a muito plástico e pegajoso; transição gradual e plana,

Bw1 94–123cm; bruno amarelado escuro (8YR 4/4, úmido); bruno amarelado escuro (10YR 4/6, seco); muito argilosa; fraca a moderada média e pequena blocos subangulares e forte muito pequena granular; friável; plástico e pegajoso; transição gradual e plana,

Bw2 123–174cm; bruno forte (7,5YR 4/6, úmido); bruno forte (7,5YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada a fraca média prismática que se desfaz em moderada a fraca média e pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; firme; ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana,

Bw3 174–206cm; bruno (7,5YR 4,5/4, úmido); bruno forte (7,5YR 5/6, seco); muito argilosa; fraca a moderada pequena blocos subangulares e angulares; cerosidade fraca e pouca; firme; ligeiramente plástico e pegajoso,

OBSERVAÇÕES:

Raízes: A1 e A2 – muitas, finas e médias

AB; BA; Bw1; Bw2 – comuns e finas

- Intensa atividade de formigas no Bw1 e Bw2

ANEXO G – Descrição morfológica – VESL

CLASSIFICAÇÃO ATUAL: Vertissolo Ebânico Órtico típico – UM ESCOBAR

CARACTERÍSTICAS GERAIS: Solos pouco profundos, imperfeitamente drenados, de cor preta, argilosos, muito plásticos e muito pegajosos originados de basalto. Nestes solos predominam argilominerais do tipo 2:1 (montmorilonita) que apresenta grande capacidade de contração e expansão. Na estação seca ocorre o aparecimento de fendas no solo sendo que com o umedecimento estes solos voltam a expandir-se. Esta movimentação da massa do solo propicia o aparecimento dos slickensides e também do microrelevo denominado gilgai. Estes solos apresentam boas propriedades químicas, porém, com propriedades físicas ruins, pois são muito duros quando secos e muito plásticos e pegajosos quando molhados. Graus de limitação ao uso agrícola

FERTILIDADE NATURAL: ligeira a moderada. Em geral são solos com boa fertilidade química.

EROSÃO: moderada a forte, devido à baixa infiltração de água (mesmo sendo situados em relevo suave ondulado).

FALTA D'ÁGUA: moderada a forte. Embora sejam solos com boa capacidade de retenção de umidade ocorrem em áreas que apresentam déficit de umidade durante o verão.

FALTA DE AR: moderada. São solos imperfeitamente drenados.

USO DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS: moderada a forte. Devido, principalmente as más condições físicas.

USO ATUAL: Utilizados para pastagens e em áreas menores com arroz irrigado.

DESCRIÇÃO PERFIL MODAL (PERFIL RS - 141, BRASIL, 1973)

LOCALIZAÇÃO: A 38km de Livramento, na estrada Livramento - Harmonia.

SITUAÇÃO: Trincheira situada na parte abaciada do relevo.

ALTITUDE: 150 metros.

RELEVO: Plano no local e ondulado na área. Ocorrência de gilgai.

MATERIAL DE ORIGEM: Basalto.

COBERTURA VEGETAL: Campo natural de boa qualidade.

DRENAGEM: imperfeitamente drenado.

A1 0-15cm; preto (7,5YR N 2/, úmido); argila; moderada grande granular; pouco poroso; firme, muito plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana; raízes abundantes.

A2 15-70cm; preto (7,5YR N 2/C, úmido); argila pesada; forte grande prismática que se desfaz em média angular com arestas vivas; muitos "slickensides"; pouco poroso; firme, muito plástico e muito pegajoso; transição clara e plana; raízes bastante.

C 70-120cm+; cinzento escuro (10YR 4/1, úmido); mosqueado grande, abundante e proeminente, bruno amarelado (10YR 5/8, úmido); basalto int

