

# Caracterização química, física e morfológica de solos derivados de rochas efusivas no Planalto Sul de Santa Catarina, Brasil

*Chemical, physical and morphological characterization of soils derived from effusive rocks on the south plateau of Santa Catarina, Brazil*

Rodrigo Teske<sup>1\*</sup>, Jaime Antonio de Almeida<sup>2</sup>, Andrey Hoffer<sup>3</sup>, Antonio Lunardi Neto<sup>4</sup>

Recebido em 03/12/2012; aprovado em 27/03/2013.

## RESUMO

Em duas topossequências no Planalto Sul Catarinense estudou-se as características químicas, físicas e morfológicas de sete perfis de solo desenvolvidos de rochas efusivas (basaltos e riodacitos) da Formação Serra Geral. A caracterização física constou da determinação da textura, argila dispersa em água e grau de floculação. As análises químicas consistiram da determinação do pH em H<sub>2</sub>O e em KCl, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H + Al e Carbono Orgânico (CO). Estudou-se também a contribuição da fração argila e do CO na Capacidade de Troca de Cátions (CTC) através do método gráfico de Bennema. Os solos originados de riodacitos foram classificados como Cambissolos Háplicos, e os desenvolvidos de basalto como Nitossolos Vermelhos. Os Cambissolos Háplicos apresentam reação fortemente ácida, níveis muito altos de Al trocável e baixos valores de soma e saturação por bases, possuindo caráter alítico ou aluminico. Os Nitossolos Vermelhos têm reação menos ácida, teores mais baixos de Al trocável, além de valores de soma (SB) e saturação por bases (V%) mais altos do que nos Cambissolos, sendo distróficos. A estimativa da contribuição da fração argila e do CO na Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

pelo método de Bennema resultou em valores da atividade da argila (T) inferiores àqueles obtidos pelo método preconizado pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). A contribuição do CO na CTC é relevante em solos de regiões com maiores altitudes, pois os teores de matéria orgânica são altos mesmo nos horizontes subsuperficiais. Portanto, sugere-se considerar o efeito da matéria orgânica no cálculo da atividade da argila, principalmente em solos com altitudes mais elevadas, devido à sua importância no enquadramento do solo no terceiro nível categórico.

**PALAVRAS-CHAVE:** atividade da argila, capacidade de troca de cátions, carbono orgânico, Cambissolos, Nitossolos.

## SUMMARY

In two top sequences in the Southern Plateau of Santa Catarina, we studied the chemical, physical and morphological characteristics of seven soil profiles from effusive rocks (basalts and rhyodacites) of the Serra Geral formation. The physical characterization consisted of determining the texture, water dispersible clay and degree of flocculation. The chemical analysis consisted of

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. Email: rodrigoteske.agr@gmail.com. \*Autor para correspondência.

<sup>2</sup> Departamento de Solos e Recursos Naturais, Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV/UDESC. Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages, SC, Brasil.

<sup>3</sup> Agropecuária Schio Ltda. Estrada Federal, BR 285, Km 124, Bairro Glória, Caixa Postal 113, CEP 95200-000, Vacaria, RS, Brasil.

<sup>4</sup> Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. R: Eng. Agrônomo Andrey Cristian Ferreira, s/n – Bairro Trindade, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

determining the pH in H<sub>2</sub>O and KCl, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H+Al and organic carbon (OC). Also studied was the contribution of clay and organic carbon in Cation Exchange Capacity (CEC) by the graphic method of Bennema. The soils originated from rhyodacites were classified as Cambissolos Háplicos (Haplumbrept), and developed from basalt as Nitossolos Vermelhos (Kandiudox). The Haplumbrept have a strong reaction to acid, very high levels of exchangeable Al and low values of sum and base saturation, possessing alito or alumina characteristics, whereas the Kandiudox have a less acidic reaction, lower levels of exchangeable Al, and values sum (SB) and base saturation (V%) higher than in Haplumbrept, and dystrophic. The estimate of the contribution of clay and organic carbon in the Cation Exchange Capacity (CEC) using the Bennema method resulted in values of the activity of clay (T) lower than those obtained by the method recommended by the Brazilian System of Soil Classification (SiBCS). The contribution of CO in the CTC is relevant in soils of regions with higher altitudes, because the organic matter levels are high even in the subsurface layers. Therefore, it is suggested to consider the effect of organic matter in the calculation of the activity of clay, especially in soils with higher altitudes, due to its importance in the framework of the soil in the third categorical level.

**KEY WORDS:** activity of clay, cation exchange capacity, organic carbon, Haplumbrept, Kandiudox.

## INTRODUÇÃO

O Planalto Sul de Santa Catarina é caracterizado principalmente pela presença de basalto e de rochas de caráter mais ácido correspondentes aos últimos derrames, tais como dacitos e riodacitos felsíticos, riolitos felsíticos, basaltos pórfiros e fenobasaltos vítreos, ocorrendo nas regiões de altitudes mais elevadas (HORBACH et al., 1986; SANTA CATARINA, 1986). Segundo Nardy et al. (2008), as rochas mais ácidas dessa região são do tipo Palmas, do

subgrupo Caxias, representadas por riodacitos de coloração cinza clara, às vezes adquirindo tonalidade vermelho-acastanhada, natureza afírica, textura hipo a holohialina. Em analogia ao mapa geológico digital do Rio Grande do Sul, as rochas ocorrentes em cotas mais baixas, nas calhas do rio Pelotas e afluentes são caracterizadas como basalto, fácies Paranapanema, compostas principalmente por basaltos do tipo granular fino a médio, mesocrático com vesículas preenchidas por quartzo (ametista), zeólita, celadonita e carbonatos (GEOBANK, 2011). Nesta região predominam as formações campestres do bioma Mata Atlântica conhecido como Campos do Planalto das Araucárias (BOLDRINI et al., 2009). No entorno dos vales dos rios Pelotinhas e Lava Tudo aparece Floresta Ombrófila Mista com araucárias, cujos solos apresentam pequena melhora na fertilidade química (ALMEIDA, 2009).

O conhecimento das características dos solos formados no Planalto Sul Catarinense é escasso, limitando-se a análises pontuais de alguns perfis de solo caracterizados durante Levantamentos de Solos realizados pelo extinto Projeto Radambrasil (KER et al., 1986) e pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos (EMBRAPA, 2004). Estes trabalhos apontam que o clima frio e úmido desta região com altitudes mais elevadas favoreceu acúmulo acentuado de matéria orgânica, alta lixiviação de bases e altos teores de alumínio trocável, resultando em solos quimicamente pobres e ácidos (ALMEIDA et al., 1997; ALMEIDA et al., 2000). Sendo assim, nos solos com altos teores de matéria orgânica até o topo do horizonte B, como os solos de altitude de Santa Catarina, a contribuição do CO na CTC destes solos tem sido bastante expressiva. A metodologia proposta por Bennema (1966) permite estimar a contribuição do carbono e da fração argila na CTC dos solos, baseando-se no teor de CO e no valor da atividade da fração argila (T) do solo convertidos para kg de argila, conhecido como “método gráfico” de Bennema.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como principais objetivos estudar as características morfológicas, físicas e químicas

de sete perfis de solo desenvolvidos de rochas efusivas (basaltos e riódacitos) da Formação Serra Geral, em duas topossequências na região do Planalto Sul de Santa Catarina. Além disso, estimar e comparar a contribuição da fração argila (T) e do carbono orgânico (CO) na capacidade de troca de cátions (CTC), e suas implicações na classificação destes solos segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2006).

**MATERIAL E MÉTODOS**

A amostragem de solos foi feita em duas topossequências na região do Planalto Sul de

Santa Catarina, entre os paralelos de 28°16'00" e 28°24'50" de latitude sul e os meridianos de 50°10'00" e 50°29'00" de longitude oeste de Greenwich (Figura 1). Segundo a classificação de Köeppen toda a região apresenta clima atual sempre úmido, com inverno frio e verão brando, do tipo Cfb, com médias anuais pluviométricas e de temperatura de 1.500 mm e 16°C, respectivamente (SANTA CATARINA, 1986).

Os solos foram descritos e amostrados de acordo com Lemos e Santos (2002). As amostras foram secas ao ar, destorroadas, moídas e peneiradas em malha de 2 mm, separando-se as frações grosseiras (cascalho com diâmetro de 2 a 20 mm e calhau de 20 a 200 mm) e terra fina

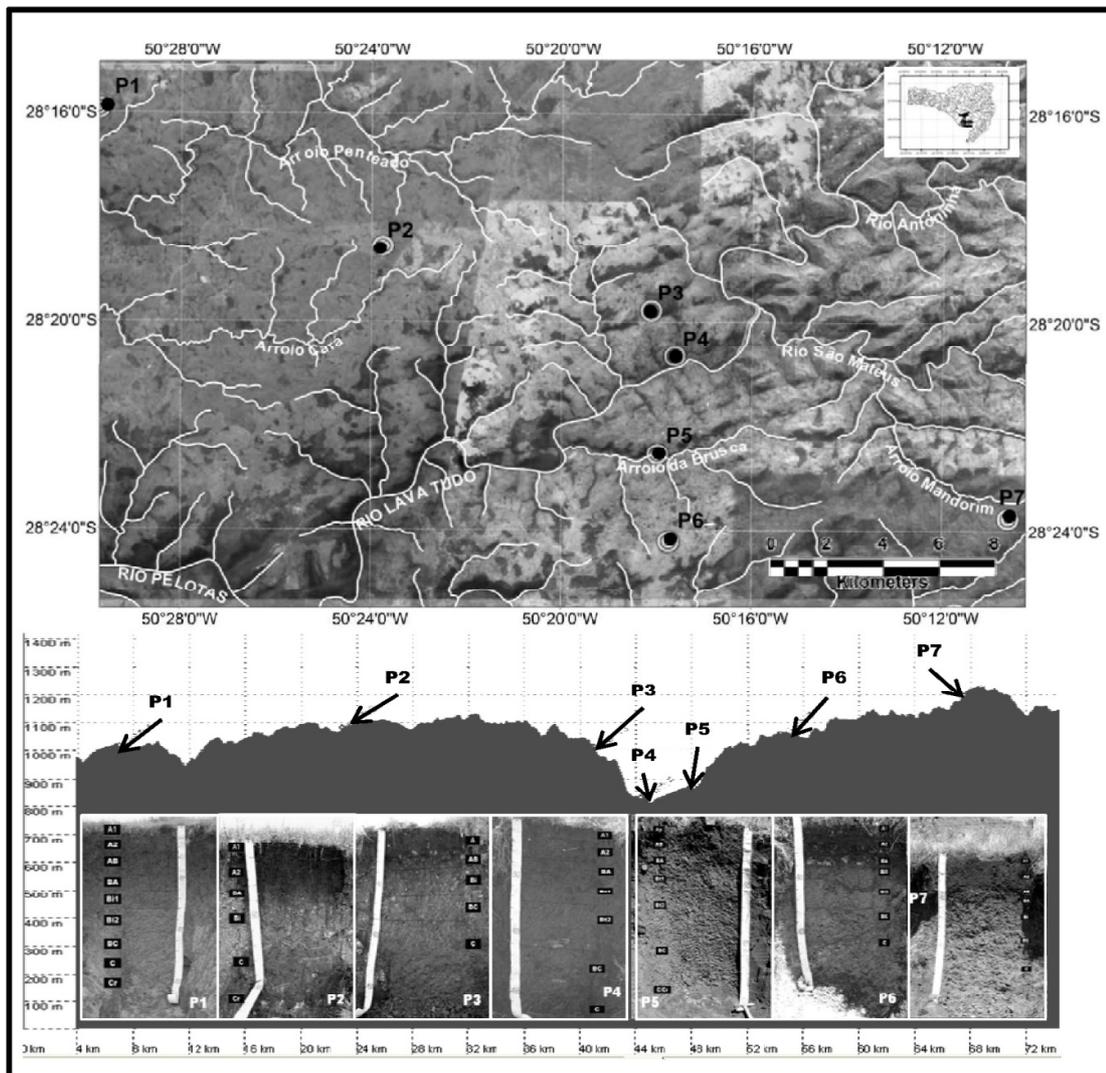


Figura 1 - Localização geográfica dos perfis de solo do Planalto Sul Catarinense, sendo os perfis P1, P2, P3 e P4 referentes à topossequência I e os perfis P5, P6 e P7 referentes à topossequência II.

(TFSA). A fração TFSA, após agitação e dispersão com NaOH 1M foi submetida a peneiramento úmido, sendo a fração areia quantificada por pesagem. A argila total foi quantificada pelo método do densímetro de Bouyoucus e o silte por diferença. A argila natural foi quantificada com densímetro na amostra agitada e dispersa em água.

Na TFSA determinou-se o pH em água e em solução de KCl 1 M, na relação solo/solução de 1:1, utilizando-se potenciometria. O cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1 M, sendo os dois primeiros determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o último por titulometria de neutralização, conforme Tedesco et al. (1995). O potássio e o sódio foram extraídos com acetato de amônio e quantificados por fotometria de chama. A acidez potencial (H+Al) foi extraída com acetato de cálcio tamponado a pH 7, sendo seus teores quantificados por titulometria de neutralização, segundo Embrapa (1997). Calculou-se soma de bases (SB), CTC efetiva, CTC a pH 7, saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%).

O CO foi determinado após oxidação úmida com dicromato de potássio em meio ácido, por titulação (TEDESCO et al., 1995). Utilizando a metodologia proposta por Bennema (1966), foi feita a estimativa da contribuição da fração argila e do carbono na CTC. Para isto foi realizada uma regressão linear simples entre porcentagem de carbono e a CTC a pH 7, ambos convertidos para kg de argila nos horizontes A e B exceto os horizontes BC.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização dos perfis de solo

Tendo por base os atributos (Tabelas 1 e 2) e horizontes diagnósticos identificados, os perfis P1, P3, P6 e P7 foram classificados como Cambissolo Háplico Alítico típico (CHAT), o P2 como Cambissolo Háplico Alumínico úmbrico (CHAu), o perfil P4 Nitossolo Vermelho Distroférico típico (NVDt) e o perfil P5 como Nitossolo Vermelho Alumínico típico (NVAt).

A toposequência I está situada dentro dos

limites municipais de Lages, à margem direita do rio Lava Tudo e é composta de quatro perfis de solos. Os perfis de solo P1 e P2 estão situados em cotas altimétricas de 998 e 1100 metros, respectivamente, o relevo é suave ondulado local e regionalmente, com declividade aproximada de 8% e ambos encontram-se no terço superior de encosta, cuja vegetação primária é constituída de campo subtropical (Campos do Planalto das Araucárias). A posição do perfil P3 na paisagem é de terço médio superior de encosta e altitude 1.009 metros, apresenta declividade de 25% e relevo forte ondulado local e regionalmente, com vegetação primária constituída de Floresta Ombrófila Mista com Araucária entremeada com campo subtropical. O material originário destes Cambissolos é constituído por riodacitos do tipo Palmas, representadas pelo subgrupo Caxias (NARDY et al. 2008). O perfil P4, desenvolvido de basalto, está localizado na calha do rio Lava Tudo, com altitude de 825 metros, tem relevo fortemente ondulado local e montanhoso regionalmente, e se encontra no terço inferior de encosta com declividade em torno de 21%, e vegetação original denominada Floresta Ombrófila Mista com Araucárias.

A toposequência II, localizada à margem esquerda do rio Lava Tudo, já no município de São Joaquim, é composta de três perfis de solo, sendo que o perfil P5 apresenta sua posição topográfica, vegetação e substrato similares ao do P4. O relevo local e regional do perfil P6 é ondulado a forte ondulado, com declividade em torno de 18%, e está inserido em terço superior de encosta com altitude de 1.062 metros, cuja vegetação original é caracterizada como campo subtropical com Araucária. O perfil P7 está inserido também em terço superior de encosta, porém com maior declividade (23%), maior cota altimétrica (1.197 metros), o relevo é mais acidentado do que o P6 (fortemente ondulado no local e na região), e a vegetação original é o campo subtropical.

As características morfológicas dos perfis descritos são apresentadas na tabela 1. Os Cambissolos apresentam horizonte B com textura muito argilosa, estrutura variando de fraca a moderada, ausência de cerosidade,

Tabela 1 - Características morfológicas de sete perfis de solos do Planalto Sul Catarinense.

Perfil Classe	Horiz.	Cor úmida (Munsell)	Textura	Estrutura	Consistência	Cerosidade	Obs.
P1	A1	10YR 2,5/2	MA	F, P-MP, G	Du, Fr, Pla, Lpeg	-	
CHAt	A2	10YR 2,5/2	MA	Mo, P, Bsub >> M, P-MP, G	Du, Fr, Pla, Lpeg	-	
	AB	10YR 3/2	MA	Mo, P-MP, Bsub	Du, Fr, Pla, Peg	-	Cascalhos
	BA	10YR 3,5/4	MA	Mo, P, Bsub	Mdu, Fr, Pla, Peg	-	Cascalhos
	Bi1	10YR 4/4	MA	Mo, P-Md, Bsub	Edu, Fr-Fi, Mpla, Peg-Mpeg	-	
	Bi2	10YR 4,5/4	MA	Mo-F, Md, Bsub	Edu, Fr-Fi, Pla, Peg	-	
	BC	10YR 5/5	MA	F, Md-Gd, Bsub	Edu, Fi, Pla, Peg-Mpeg	-	
	C	7,5YR 4/6	MA	F, Gd, Bsub	Du-Edu, Fi, Pla-Lpla, Lpeg	-	
Cr	10YR 6/2	A				-	
P2	A1	10YR 2/1	A	Mo, M, Bsub-Bang >> Mo-Fo, M, G	M, Fr, Pla, Lpeg	-	
CHAu	A2	10YR 2/2	MA	F-Mo, M-Gd, Bsub >> Mo, MP-P, G	M, Fr, Pla, Lpeg	-	
	BA	7,5YR 3/3	MA	Mo-F, P-Md, Bsub	M, Fr, Pla, Peg	-	Linha de pedras
	Bi	7,5YR 4/4	MA	Mo, Md-P, Bsub	Du, Fr-Fi, Pla, Lpeg-Peg	-	
	C	3,5YR 3/6	A	Mo, Md-P, Bsub-Bang	Ldu, Mfr, Lpla-Pla, Lpeg-Peg	-	
	Cr	2,5YR 3/4	AS			-	
P3	A	10YR 2/2	MA	Mo, Md-P, G	M, Fr, Pla, Lpeg-Peg	-	
CHAt	AB	7,5YR 3/3	MA	F-Mo, P, G	Mdu, Fr, Pla, Peg	-	Linha de pedras
	Bi	5YR 4/4	MA	F-Mo, Md-P, Bsub	Mdu, Fi, Pla, Lpeg-Peg	-	
	BC	5YR 4/6	MA	F-Mo, Md-P, Bsub	Mdu, Fi, Pla, Lpeg-Peg	-	
	C	5YR 4/6	A	Maciça	Ldu, Fi-Mfi, Lpla, Lpeg	-	
P4	A1	5YR 3/3	A	Mo, P-Mp, G	M, Mfr, Pla, Peg	-	
NVDt	A2	5YR 3/3	MA	F, Md, Bsub >> Mo, P-Md, G	Ldu, Fr, Mpla, Lpeg	-	
	BA	5YR 4/4	MA	F-Mo, Md-P, Bsub e Mo, P, G	Ldu, Fr-Fi, Pla, Lpeg-Peg	-	Grãos esferoidais no horiz. B
	Bt1	3,5YR 4/4	MA	Mo, Gd, Pp >> Mo, Md-P, Bsub	Ldu, Fr-Fi, Lpla, Lpeg-Peg	F e P	
	Bt2	4YR 4/4	MA	Mo, Md, Pp >> Mo, Md-P, Bsub	Du, Fi, Pla, Lpeg	M e C	
	BC	7,5YR 4/4	MA	F, Md, Bang-Bsub	Du, Fi-Mfi, Lpla, Lpeg	-	(MnO <sub>3</sub> )
	C	7,5YR 4/4	MA	Maciça	Edu, Mfi, Lpla, Lpeg	-	
P5	Ap	2,5YR 3/3	MA	F, P, Bsub >> Mo, P-Mp, G	Du, Mfr, Pla, Lpeg	-	
NVAu	AB	2,5YR 3/3	MA	F-Mo, Md-P, Bsub	Mdu, Fr, Pla, Lpeg	-	
	BA	2,5YR 3/3	MA	Mo-F, Md-P, Bsub	Mdu, Fr-Fi, Pla, Lpeg-Peg	F e P	Cascalhos
	Bt1	2,5YR 4/3	MA	Mo, Md-P, Bsub	Mdu-edu, Fr-Fi, Pla, Lpeg-Peg	M e C	
	Bt2	2,5YR 5/3	MA	Mo, Gd, Pp >> Mo, Md, Bsub	Mdu, fr-Fi, Pla, Peg	M e C	MnO <sub>3</sub> e fragmentos de quartzo
	BC	2,5YR 5/4	MA	F-Mo, Md, Bsub	Du, Fr, Lpla, Lpeg	F e P	
	C/Cr	2,5YR 5/4	MA	Maciça	Du, Fr, Lpla, Lpeg	-	
	P6	A1	10YR 2/1	MA	Mo-Fo, P-Mp, G	M, Mfr, Npla, Npeg	-
CHAt	A2	10YR 2/1	MA	Mo-Fo, P-Md, G	M, Mfr, Npla, Npeg	-	
	BA	10YR 3/4	MA	F-Mo, P, Bsub >> Mo, Md, G	Du, Fr, Lpla, Lpeg	-	Linha de pedras
	Bi1	7,5YR 4/6	MA	F-Mo, Md, Bsub	Ldu-Du, Fr-Fi, Lpla, Lpeg-Peg	-	
	Bi2	7,5YR 5/8	MA	F, Md-Gd, Bsub	Du-Mdu, Fr-Fi, Lpla, Lpeg-Peg	-	
	BC	5YR 5/6	MA	F, Gd, Bsub	Du-Mdu, Fr, Lpla, Lpeg-Peg	-	
	C	10YR 5/6	MA	Maciça	M, Mfr, Lpla, Lpeg	-	
P7	A1	10YR 2/1	A	Mo, Md-P, G	Ldu-Du, Mfr, Npla, Npeg	-	
CHAt	A2	10YR 2/1	A	F-Mo, Md, Bsub >> Mo, Md-P, G	Ldu-Du, Mfr, Lpla, Lpeg	-	
	AB	10YR 3/2	MA	F-Mo, Md-P, Bsub >> Mo, Md, G	Ldu-Du, Fr-Mfr, Lpla, Lpeg-Peg	-	Linha de pedras
	BA	7,5YR 3/2	MA	F-Mo, Md-P, Bsub	Ldu-Du, Fr, Lpla-Pla, Lpeg-Peg	-	
	Bi	10YR 3/4	MA	F-Mo, Md-P, Bsub	Du, Fr, Lpla-Pla, Lpeg	-	
	BC	10YR 4/4	MA	F, Gd-Md, Bsub-Bang	Ldu-Du, Fr, Lpla-Pla, Lpeg	-	
	C	10YR 5/4	A	Maciça	Ldu, Mfr, Lpla, Lpeg	-	

Textura: MA - muito argiloso, A - argiloso, AS - argila siltosa; Estrutura: Quanto ao grau: F - Fraca, Mo - moderada, Fo - Forte; Quanto ao tamanho: Mp - muito pequena, P - pequena, Md - media, Gd - grande, Mg - muito grande; Quanto à forma: Pp - prismática, Bang - blocos angulares, Bsub - blocos subangulares, G - granular; Consistência: Seco: S - solto, M - macio, Ldu - ligeiramente duro, Du - duro, Mdu - muito duro, Edu - extremamente duro; Úmido: S - solto, Mfr - muito friável, Fr - friável, Fi - firme, Mfi - muito firme, Efi - extremamente firme; Molhado: Npla - não plástica, Pla - plástica, Lpla - ligeiramente plástica, Mpla - muito plástica, Npeg - não pegajosa, Lpeg - ligeiramente pegajosa, Peg - pegajosa, Mpeg - muito pegajosa; Cerosidade: F - fraca, M - moderada; C - comum, P - pouca.

presença de cascalhos, calhaus e matações no perfil, e com exceção do P1, apresentam pequena espessura do horizonte B e do perfil, todos com horizonte diagnóstico subsuperficial B incipiente (EMBRAPA, 2006). Os perfis P4 e P5 apresentam textura muito argilosa, baixa relação textural (entre 1,04 e 1,16), estrutura moderada prismática composta de moderada blocos subangulares, cerosidade variando de fraca e pouca a moderada e comum no P4 e cerosidade moderada a comum no P5 caracterizando o horizonte B destes solos como nítico (EMBRAPA, 2006). O horizonte diagnóstico superficial do perfil P5 foi classificado como A moderado, e os demais como A proeminente.

Segundo Pillon et al. (2002) os principais agentes ligantes dos agregados do solo são as substâncias húmicas (SHs) e os polissacarídeos, o que também é comprovado por Ferreira et al. (2007) em que os agregados mais estáveis apresentam maiores teores de CO. Como o clima das regiões de maiores altitude favorece o acúmulo de matéria orgânica (STRECK et al., 2008; SILVA et al., 2008), e a taxa de decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) é baixa, principalmente pela redução do metabolismo microbiano (DIAS et al., 2003), isto favorece a formação dos macroagregados através da junção de microagregados, fragmentos de plantas, hifas de fungos e partículas de areia (PILLON et al., 2002). Nos horizontes superficiais e subsuperficiais transicionais (AB e BA), a estrutura predominantemente granular revela a grande participação da matéria orgânica na agregação das partículas de solo, como é o caso do dos horizontes A1 e A2 do Perfil 2, onde a estrutura moderada média se desfaz em moderada média granular, refletindo a contribuição da matéria orgânica na formação destes macroagregados (blocos).

A influência da MOS é evidenciada pela coloração mais escurecida (bruno escuro a preto) nos horizontes superficiais dos Cambissolos da topossequência I. Já nos horizontes subsuperficiais a cor é variável em cada perfil, sendo no P1 bruno amarelada, no P2 a variação na cor é maior, sendo bruno escura

e bruna no BA e Bi, e vermelho escura e bruno avermelhada escura no C e Cr, respectivamente. O perfil P3 apresenta cor vermelho-amarelada nos horizontes subsuperficiais. Os Cambissolos da topossequência II apresentam em seus horizontes superficiais coloração preta, e os subsuperficiais são mais amarelados. As cores dominantes no horizonte B dos Cambissolos são reflexos do clima frio e úmido e do acúmulo da MOS, que acabam favorecendo a formação e, ou, persistência de óxidos de ferro na forma de goethita, imprimindo ao solo coloração brunadas ou bruno-amareladas (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989). Já os Nitossolos de ambas topossequências (P4 e P5) apresentam cores mais avermelhadas ao longo de todo o perfil, devido à presença da hematita, que mesmo quando em proporções inferiores às de goethita imprime coloração tipicamente avermelhada ao solo (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989; ALMEIDA et al., 2000; KAMPF e CURI, 2003). A maior participação de hematita nos Nitossolos em relação aos Cambissolos é reflexo das melhores condições de drenagem destes solos por ocorrerem em relevo forte ondulado.

A fração argila é o principal constituinte de todos os horizontes e solos estudados. Resultados semelhantes foram encontrados por Almeida et al. (1992) que identificaram predomínio de caulinita desordenada em solos brunados de SC desenvolvidos de basaltos e riocacitos. Todos apresentam conteúdo de argila muito alto e teor de areia total muito baixo, indicando que os minerais essenciais como os plagioclásios, piroxênios e feldspatos alcalinos dos riocacitos (CLEMENTE e AZEVEDO, 2007) e os plagioclásios, piroxênios e olivinas dos basaltos (CORRÊA, 2003) foram completamente destruídos, formando argilominerais e óxidos. A pequena quantidade de areia indica que os minerais de quartzo, concreções argilosas e ferruginosas e fragmentos da rocha semi-intemperizada devem ter dimensões muito pequenas, ou foram parcialmente corroídos, concentrando-se mais na fração silte, cujos teores foram sempre maiores do que a areia (Tabela 2).

Os horizontes A e B dos perfis de

Tabela 2 - Características físicas e químicas de sete perfis de solos do Planalto Sul Catarinense.

Perfil Classe	Hor.	Profundidade cm	pH (1:1)			Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )						V <sup>1</sup> (%)	m <sup>2</sup> (%)	Granulometria (%)		
			H <sub>2</sub> O	KCl	ΔpH	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	SB	Al <sup>+3</sup>	H			Areia	Silte	Argila
P1	A1	0-10	4,1	3,5	-0,5	1,0	0,8	1,0	2,8	7,5	15,4	11	73	10	26	64
CHA <sub>t</sub>	A2	10-21	4,0	3,7	-0,3	0,5	0,3	0,4	1,1	6,7	12,9	6	85	12	29	60
	AB	21-47	4,0	3,6	-0,4	0,5	0,2	0,3	0,9	7,2	10,8	5	89	11	21	68
	BA	47-60	4,1	3,6	-0,5	0,2	0,3	0,2	0,7	6,6	10,7	4	91	10	19	71
	Bi1	60-80	4,2	3,7	-0,5	0,1	0,4	0,2	0,8	6,3	9,5	5	89	10	14	76
	Bi2	80-102	4,3	3,6	-0,7	0,1	0,4	0,2	0,7	5,4	6,9	5	89	11	14	75
	BC	102-120/130	4,4	3,6	-0,8	0,1	0,4	0,2	0,7	5,4	6,5	6	89	10	18	72
	C	120/130-132/150	4,6	3,6	-1,0	0,2	0,4	0,2	0,9	5,4	6,0	7	86	11	17	72
	Cr	132/150-170+	4,4	3,4	-1,1	0,2	0,5	0,3	1,1	12,6	3,5	7	92	22	38	40
P2	A1	0-13	3,9	3,5	-0,4	0,3	1,6	0,7	2,7	8,4	13,7	11	76	6	36	58
CHA <sub>u</sub>	A2	13-26/30	3,9	3,5	-0,4	1,3	1,6	1,0	4,0	8,9	13,9	15	69	8	28	64
	BA	26/30-42	4,0	3,6	-0,4	0,0	0,3	0,2	0,5	6,0	8,2	3	92	18	15	67
	Bi	42-70/76	4,1	3,6	-0,5	0,0	0,2	0,2	0,4	5,1	8,3	3	93	1	30	69
	C	70/76-97/78	4,3	3,7	-0,6	0,0	0,1	0,3	0,4	4,5	5,3	4	91	13	32	55
	Cr	97/78-110+	4,5	3,7	-0,8	0,0	0,1	0,2	0,3	4,4	3,7	4	94	14	47	40
	P3	A	0-26	3,9	3,6	-0,3	0,0	0,4	0,4	0,8	6,2	12,0	4	88	19	21
CHA <sub>t</sub>	AB	26-40	4,0	3,6	-0,5	0,3	0,9	0,5	1,8	7,9	10,4	9	82	13	25	62
	Bi	40-63	3,9	3,5	-0,4	0,2	0,7	0,5	1,3	9,7	6,1	8	88	8	23	69
	BC	63-88	4,1	3,5	-0,6	0,3	1,0	0,4	1,8	8,9	5,0	11	83	7	27	66
	C	88-160+	4,4	3,5	-0,9	0,0	1,1	0,4	1,5	8,1	7,4	9	84	8	33	59
P4	A1	0-15	4,8	4,3	-0,5	5,5	3,8	2,0	3	1,2	12,5	45	9	15	26	59
NVD <sub>t</sub>	A2	15-34	4,4	3,9	-0,5	3,4	3,5	1,2	8,3	1,9	10,7	40	18	18	20	62
	BA	34-49	4,4	3,9	-0,5	2,2	0,7	0,4	3,4	2,5	8,4	24	43	15	18	67
	Bt1	49-73	4,4	3,8	-0,5	1,5	0,1	0,3	1,9	3,0	8,7	14	61	14	17	69
	Bt2	73-10	4,6	4,0	-0,7	1,6	0,2	0,3	2,2	1,1	8,4	19	33	12	18	70
	BC	110-152	5,0	4,2	-0,8	2,0	0,5	0,3	2,8	0,8	6,9	27	22	13	24	63
	C	152-170+	5,1	4,5	-0,6	3,9	1,0	0,4	5,3	0,4	7,3	41	7	13	25	62
	P5	Ap	0-12	4,9	4,1	-0,8	5,5	0,7	1,3	7,5	0,9	11,6	38	10	17	15
NVA <sub>t</sub>	AB	12-22	4,8	4,0	-0,8	3,7	0,3	0,7	4,7	1,8	10,5	28	27	16	8	76
	BA	22-38	4,7	3,8	-0,9	2,7	0,2	0,5	3,5	3,3	9,2	22	49	16	6	78
	Bt1	38-60/67	5,0	3,8	-1,2	1,8	0,2	0,4	2,5	4,7	8,1	16	66	5	12	83
	Bt2	60/67-91/95	5,1	3,8	-1,4	2,9	0,4	0,5	3,8	4,9	5,2	27	56	5	14	81
	BC	91/95-125/132	5,2	3,7	-1,5	4,2	0,6	0,5	5,5	4,4	6,3	34	45	7	18	75
	C/Cr	125/132-150+	5,3	3,7	-1,6	7,0	1,1	0,7	8,9	4,3	5,3	48	33	20	14	66
P6	A1	0-14	4,5	3,7	-0,7	0,8	0,3	2,1	3,2	6,4	16,0	13	67	6	33	61
CHA <sub>t</sub>	A2	14-30	4,3	3,7	-0,6	0,0	0,2	1,0	1,3	6,8	15,3	5	84	10	28	62
	BA	30-42	4,4	3,8	-0,6	0,0	0,1	0,4	0,6	7,5	11,2	3	93	22	8	70
	Bi1	42-53/60	4,6	3,7	-0,9	0,0	0,1	0,3	0,4	11,4	6,0	2	96	8	24	68
	Bi2	53/60-80	4,5	3,7	-0,9	0,0	0,1	0,4	0,5	14,2	3,7	3	97	3	30	67
	BC	80-100/114	4,7	3,8	-1,0	0,0	0,1	0,2	0,3	13,8	1,6	2	98	3	37	60
	C	100/114-150+	5,0	3,8	-1,2	0,0	0,1	0,3	0,4	6,7	2,4	4	94	8	35	57
	P7	A1	0-12	4,5	3,7	-0,8	0,4	0,2	2,4	3,1	5,5	14,2	14	64	10	33
CHA <sub>t</sub>	A2	12-33	4,5	3,7	-0,7	0,3	0,1	1,1	1,5	8,8	8,9	8	86	11	31	58
	AB	33-42	4,5	3,8	-0,7	0,3	0,1	0,9	1,3	5,8	9,4	8	82	11	26	63
	BA	42-54	4,4	3,7	-0,6	0,1	0,1	0,8	0,9	6,3	7,6	6	87	11	25	64
	Bi	54-78	4,5	3,8	-0,8	0,0	0,1	0,5	0,7	9,8	2,3	5	94	7	33	60
	BC	78-100	4,5	3,6	-0,9	0,0	0,1	0,7	0,8	6,8	4,6	6	90	13	25	62
	C	100-150+	4,6	3,8	-0,8	0,0	0,1	0,6	0,7	6,7	4,2	6	91	16	29	56

<sup>1</sup> Saturação por bases V%; <sup>2</sup> Saturação por alumínio m%.

Cambissolos da topossequência I apresentam classe de reação extremamente ácida à fortemente ácida (IBGE, 2007), e os Cambissolos da topossequência II são fortemente ácidos (IBGE, 2007) para os horizontes A e B. Em todos os perfis o pH em sal é inferior ao pH em água (Tabela 2), caracterizando solos com predomínio de cargas negativas, assim como encontrado no trabalho de Ernani e Almeida (1986) e em estudos de propriedades físicas e eletroquímicas em um Latossolo Bruno de Lages, SC, por Albuquerque et al., (2000).

Em geral, a SB dos Cambissolos é inferior a  $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  no horizonte A, e inferior a  $1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  na maioria dos horizontes B, resultando em baixa saturação por bases em todos os perfis. Os teores de alumínio trocável variaram de 5,1 a  $14,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  no B (Tabela 2), com saturação por alumínio (m%) superior a 83%. Apresentam argila de atividade baixa, o que, associado a valores de atividade da fração argila superiores a  $20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  na maior parte do B dos perfis P1, P3, P6 e no P7, resulta em caráter alítico. Já no perfil P2, os valores ficaram ligeiramente abaixo deste limite, indicando apenas caráter alumínico (EMBRAPA, 2006).

Os valores de CO variaram de 33,0 a  $39,1 \text{ g kg}^{-1}$  nos horizontes A ou A1 dos cinco Cambissolos, sendo ainda superiores a  $10 \text{ g kg}^{-1}$  no BA, resultantes do clima frio e úmido da região (ALMEIDA et al., 2000; EMBRAPA, 2004). As propriedades químicas dos Cambissolos deste estudo assemelham-se às dos solos derivados de riodacitos estudados por Dumig et al. (2008) na borda da escarpa da Serra Geral em São Francisco de Paula no RS, embora apresentem menor teor de CO nos horizontes superficiais. Entretanto, os valores totais de carbono nos horizontes A e AB não foram suficientes para identificação de horizonte como A húmico, em função das restrições da espessura e do alto teor de argila destes solos.

Os Nitossolos apresentaram reação fortemente ácida (IBGE, 2007) nos horizontes A e B, com pH em água variando de 4,4 a 5,1 e o pH em sal (KCl) sempre inferior ao pH em água, caracterizando solos com predomínio de cargas

negativas. Os valores de SB são mais altos, entre 1,9 e  $11,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e os teores de Al trocável bem mais baixos do que nos perfis de Cambissolos, indicando que estes solos são menos lixiviados e com maior fertilidade química (Tabela 2). A saturação por bases foi inferior a 50% em todos os horizontes deste perfil (solos distróficos), embora seus valores sejam expressivamente mais altos do que nos Cambissolos.

Esta ligeira melhoria na fertilidade química pode estar associada às diferenças no material de origem, considerando que os Nitossolos são derivados de basalto, rocha mais rica em minerais ferromagnesianos, bem como ao relevo forte ondulado, que favorece menor percolação vertical e, portanto menor lixiviação das bases. Tais características, somadas aos efeitos da proteção climática exercida pelos vales, provavelmente sejam os fatores que expliquem o maior desenvolvimento das espécies florestais nestas áreas (ALMEIDA, 2009). O pedoambiente ácido indica que há remoção de bases pelo intemperismo mineral, agravado pela acidez orgânica, o que também é constatado no trabalho de Dias et al. (2003).

### **Contribuição do carbono e da fração argila para a CTC dos solos**

A maioria dos solos de altitude do Sul do Brasil possui os teores de carbono nos horizontes superficiais são bastante altos, e para os perfis estudados, a maioria deles ainda apresenta teores superiores a  $10 \text{ g kg}^{-1}$  no horizonte BA. A acumulação da MOS se dá não somente ao fato destes solos se encontrarem em regiões frias e úmidas, mas também, devido a complexação da MO com Al trocável. Pois além do efeito biotóxico do Al, reduzindo o metabolismo microbiano (DIAS et al., 2003), o Al contribui para a formação de complexos estáveis com a MOS, tornando-a mais resistente à oxidação, e assim preservando-a, como reportado por Mendonça (1995). Em condições de elevado Al trocável, as plantas produzem maior quantidade de compostos fenólicos, reduzindo, mais ainda, a sua degradabilidade (SCHWESIG et al., 2003; SILVA et al., 2008).



Entre diversos trabalhos comprovando a contribuição do CO no aumento da CTC dos solos, podemos citar o de Ciotta et al. (2002) que estudaram o acúmulo de matéria orgânica após 21 anos da adoção do Sistema de Plantio Direto em um Latossolo Bruno, que promoveu um aumento expressivo na CTC do solo. Em um estudo clássico efetuado por Van Raij (1969) com 103 amostras de 22 perfis de solos do Estado de São Paulo, o autor estimou em 74% a contribuição média da matéria orgânica para a CTC a pH 7 na camada superficial daqueles solos, sendo que a CTC da matéria orgânica variou de 190 a 400  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de TFSE. Outros dados de literatura indicam valores entre 300 a 500  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  para a CTC do material orgânico do solo (BAYER, 1996).

Considerando que a fração argila apresenta um grande número de cargas negativas e uma grande área superficial por unidade de massa (COSTA, 1999), e que a caulinita apresenta capacidade de troca de cátions de 3 a 5  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , a montmorilonita de 80 a 120  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , a vermiculita de 150 a 200  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  e a mica de 10 a 15  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  (ERNANI, 2008), os constituintes minerais têm valores de CTC consideravelmente mais baixos do que os da matéria orgânica do solo (Van RAIJ, 1969; BAYER, 1996; ERNANI, 2010). Sendo assim, é correto afirmar que os compostos de carbono presentes na matéria orgânica podem ter participação expressiva na CTC do solo.

As equações de regressão das relações entre a porcentagem de carbono e a CTC a pH 7 convertidos para 100g de argila nos 23 horizontes dos Cambissolos e 10 horizontes de Nitossolos são respectivamente:  $y = 3,511x + 19,914$  ( $R^2 = 0,7433$ ) e  $y = 4,3949x + 16,221$  ( $R^2 = 0,9381$ ). Comparando-se os valores da contribuição do carbono orgânico obtidos para as duas classes de solo, observa-se que a variação da contribuição do carbono orgânico para a CTC ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) dos horizontes A e B de todos os solos estudados, foi de 3,51 para os Cambissolos e de 4,395 para os Nitossolos. Tais valores são bastante similares aos utilizados para calcular a contribuição do carbono em estudos pedológicos antes da edição

do Sistema Brasileiro de Classificação, nos quais se estimava que cada 1% de carbono no solo contribuía com 4,5  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  (EMBRAPA, 1988).

Com exceção dos perfis P3 e P6 (Tabela 3), o método gráfico de Bennema estimou valores de atividade da fração argila sempre menores do que o método de cálculo segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2006), sendo assim estes perfis (P3 e P6) apresentariam atividade da fração argila superior a 20  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  e portanto, caráter alítico. Para os demais solos houve implicações importantes na classificação dos Cambissolos no terceiro nível categórico. Quando utilizado os valores de atividade da argila calculada segundo o SiBCS que envolve correção da contribuição do carbono na CTC do solo, os valores foram superiores a 20  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , caracterizando os mesmos como alíticos. Entretanto, usando os valores estimados segundo o método gráfico, a atividade da argila dos perfis P1, P2 e P7 foi inferior a 20  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , caracterizando os solos como aluminicos, e não alíticos. Sendo assim, o método gráfico pode estar expressando de forma mais realista a atividade da fração argila, por computar de maneira mais eficaz a contribuição do carbono para a CTC de cada perfil de solo e das classes de solo.

## CONCLUSÕES

Os Cambissolos Háplicos das topossequência I e II encontram-se nas porções superiores da paisagem do Planalto de Santa Catarina, com relevo mais ondulado e sob campo natural, são fortemente ácidos com níveis muito altos de Al trocável e baixos valores de soma e saturação por bases. Já os Nitossolos Vermelhos encontram-se ao longo da calha do rio Lava Tudo, sob vegetação original de floresta, são menos ácidos, com teores mais baixos de Al trocável e valores de soma e saturação por bases mais alta do que os Cambissolos.

A atividade da fração argila, calculada segundo o método gráfico de Bennema, foi inferior aos valores obtidos pelo método de cálculo preconizado pelo SiBCS (EMBRAPA,

2006), confirmando a contribuição do CO para aumentar sensivelmente a CTC dos solos. Portanto, a contribuição do CO na capacidade de troca de cátions é relevante, principalmente em regiões de maiores altitudes. Nestes locais, onde os teores de matéria orgânica ainda se mantêm alto nos horizontes subsuperficiais, sugere-se considerar o efeito da matéria orgânica no cálculo da atividade da argila, com consequências importantes no enquadramento do solo no terceiro nível categórico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J. A. et al. Propriedades físicas e eletroquímicas de um Latossolo bruno afetadas pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.295-300, 2000.
- ALMEIDA, J. A. et al. Amidas e hidrazina na identificação de caulinita desordenada em solos brunos subtropicais do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, p.169-175, 1992.
- ALMEIDA, J.A.; KAMPF, N. Caracterização mineralógica de Cambissolos derivados de rochas pelíticas nos patamares do Alto Itajaí e Planalto de Lages. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.181-190, 1997.
- ALMEIDA, J.A. et al. Mineralogia da fração argila de solos vermelhos com horizontes superficiais brunados do Planalto de Lages, SC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.815-828, 2000.
- ALMEIDA, J.A. Fatores abióticos. In: Boldrini, I.I. (org). **Biodiversidade dos campos do Planalto das Araucárias**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2009, p.19-38 (Série Biodiversidade, 30).
- BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 241f. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BENNEMA, J. The calculation of CEC for 100 grams Clay (CEC 100) with correction for organic carbon. In: BENNEMA, J. **Report to the government of Brazil on classification of brazilian soils**. Rome: FAO, 1966, 83p.
- BOLDRINI, I. I. et al. Flora. In: Boldrini, I.I. (org). **Biodiversidade dos campos do Planalto das Araucárias**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2009, p.39-94 (Série Biodiversidade, 30).
- CIOTTA, M. N. et al. Acidificação de um Latossolo sob Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.1055-1064, 2002.
- CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, A. C. Mineral weathering in acid saprolites from subtropical, Southern Brazil, **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, p.601-607, 2007.
- CORRÊA, J. **Mineralogia e gênese das principais classes de solos de encostas basálticas do estado de Santa Catarina**. 2003, 146f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2003.
- COSTA, A.C.S. et al. Capacidade de troca catiônica dos colóides orgânicos e inorgânicos de Latossolos do estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.21, p.491-496, 1999.
- DIAS, H.C.T. et al. Caracterização de solos altimontanos em dois transectos no Parque Estadual do Ibitipoca (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.469-481, 2003.
- DÚMIG, A. et al. Araucaria forest expansion on grassland in the southern Brazilian highlands as revealed by  $^{14}\text{C}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  studies. **Geoderma**, v.145, p.143-157, 2008.
- EMBRAPA, CNPS, **Manual de métodos de análise de solo**, 2ª ed, Rio de Janeiro, 1997, 212p.
- EMBRAPA. Embrapa Solos. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 2004. 721p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2004. 1 CD-ROM.; mapa color. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de**

- solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidade de mapeamento: normas em uso pelo SNLCS.** Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 1988. 67p. (Documentos, 11).
- ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes.** Lages: O autor, 2008. 230p.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, p.143-150, 1986.
- FERREIRA, F.P. et al. Carbono orgânico, óxidos de ferro e distribuição de agregados em dois solos derivados de basalto no Rio Grande do Sul - Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.381-388, 2007.
- GEOBANK – CPRM, Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul, Serviço Geológico do Brasil, 2011. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/>>, Acesso em 12 jun. 2011.
- HORBACH, R. et al. **Geologia.** 1986 In: BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento de Recursos Naturais.** v.33, Folha SH 22, Porto Alegre e parte das folhas SH 21 e SI 22 Lagoa Mirim. Capítulo 1. Rio de Janeiro, 796p.
- IBGE. Manual Técnico de Pedologia Rio de Janeiro: IBGE. 2007. 316 p. (Manuais Técnicos em Geociências n.4).
- KÄMPF, N.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: CURI, N. et al. eds. Tópicos em ciência do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.3. p.1-54, 2003.
- KÄMPF, N.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: CURI, N. et al., eds. Tópicos em ciência do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.3, p.1-54, 2003.
- KER, J.C. et al. Pedologia - levantamento exploratório de solos. In: **Levantamento de recursos naturais.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, v.33, p.405-540, 1986.
- LEMOS, R.C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta do solo no campo**, 4, ed, Viçosa: SBSC/CNPS, 2002.
- MENDONÇA, E.S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, p.25-30, 1995.
- NARDY, A. J. R. et al. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas, **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.38, p.178-195, 2008.
- PILLON, C. N. et al. **Dinâmica da matéria orgânica no ambiente.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2002, 41p. Documentos, 105.
- SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, Subchefia de Estatística, **Atlas de Santa Catarina**, Rio de Janeiro Aerofoto Cruzeiro, 1986, 173p.
- SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R.M. Iron oxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. Minerals in soil environments. Madison, **Soil Science Society of America**, 1989. p.379-438.
- SCHWESIG, D. et al. Effects of aluminium on the mineralization of dissolved organic carbon derived from forest floors. **European Journal of Soil Science**, v.54, p.311-322, 2003.
- SILVA, L.B. et al. Solos subtropicais de altitude: Características químicas, teor de matéria orgânica e sua resistência à oxidação química. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.1167-1171, 2008.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2.ed. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, 1995, 174p.
- Van RAIJ, B. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. **Bragantia**, v. 28, p. 85-112, 1969.