

# Caracterização morfológica e química de Argissolos com horizontes subsuperficiais escurecidos em Santa Catarina

*Morphological and chemical characterization of Ultisols with darkened subsurface horizons in Santa Catarina state*

Antônio Lunardi Neto<sup>1\*</sup>, Jaime Antonio de Almeida<sup>2</sup>

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

## RESUMO

No Estado de Santa Catarina ocorrem Argissolos com horizontes subsuperficiais escurecidos semelhantes aos sombric horizons descritos no Soil Taxonomy e na World Reference Base for Soil Resources (WRB). Tais solos são muito pouco estudados, devido à ocorrência não tão expressiva em relação aos demais solos, ou devido às dificuldades inerentes à pesquisa da gênese de tais horizontes, muitas vezes complexa. Esses solos ocupam áreas importantes no Estado, sendo merecedores de maiores pesquisas com relação aos atributos químicos, físicos e mineralógicos, de vez que neles ocorrem significativas atividades agro-silvo-pastoris envolvendo pequenos produtores. Para tanto, foram selecionados três perfis de Argissolos, situados nos municípios de Içara, Rancho Queimado e Alfredo Wagner, sendo Argissolos Vermelho, Amarelo e Bruno-Acinzentado, respectivamente. Neles efetuou-se a descrição morfológica. Coletaram-se amostras de estrutura deformada para análises químicas. Os dados químicos revelam solos que apresentam reação ácida e dessaturação. Também apresentaram dados morfológicos que indicam a possibilidade de ocorrência de iluviação de matéria orgânica, especialmente no Argissolo Vermelho, e também a presença de argilominerais 2:1, intercalados com hidróxi-alumínio nas entrecamadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** horizontes sombricos, classificação de solos.

## SUMMARY

In the state of Santa Catarina Argissolos occur with subsurface horizons darkened similar to sombric horizons described in Soil Taxonomy and the World Reference Base for Soil Resources (WRB) These soils are very poorly studied as their occurrence is not so significant in relation to other soils. This is due to the difficulties inherent in research of the genesis of such horizons, which are often complex. Nevertheless, such soils occupy significant areas in the state, and are worthy of further research with respect to chemical, physical and mineralogical properties. Such soils are used in agriculture, forestry and pasture. To this end, we selected three profiles of Ultisols, situated in the municipalities of Içara, Rancho Queimado and Alfredo Wagner, red, yellow and grayish-brown Ultisols, respectively. Then we proceeded to the morphological description. Sample structures were collected for chemical analysis. The chemical data indicated soils with acid reaction and desaturation. The results also showed that the soils exhibit morphological data that indicate the possibility of illuviation of organic matter especially in the red Ultisol. The results also showed the existence of 2:1 clay minerals with hydroxyl-aluminum in interlayers in all Ultisols.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Campus Curitibanos, SC. Rod. Ulysses Gaboardi, Km 3, Caixa Postal 101, CEP 89520-000, Curitibanos, SC, Brasil. E.mail: antonio.lunardi@ufsc.br. \*Autor para correspondência.

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

**KEY WORDS:** sombric horizons, soil classification.

## INTRODUÇÃO

Na definição de EMBRAPA (2006), a classe dos Argissolos é composta por solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B.

Em Santa Catarina, as primeiras pesquisas em solos com horizontes subsuperficiais escurecidos foram relatadas por Oenning (2001) em um Argissolo Bruno-Acinzentado do município de Santa Terezinha, SC. Mais recentemente, pesquisas em um Argissolo Vermelho com horizonte subsuperficial escuro no município de Içara, SC, foram publicadas por Almeida et al. (2009) e Paes Sobrinho et al. (2009).

Na porção leste de Santa Catarina há expressivas áreas onde predominam Argissolos (PAES SOBRINHO et al., 2009), sendo que na porção mais ao sul do Estado, nas imediações dos municípios de Içara e Criciúma, SC, ocorrem Argissolos que apresentam horizonte subsuperficial escuro semelhantes aos sombric horizons (ALMEIDA et al., 2009; PAES SOBRINHO et al., 2009) enquadrados nos sistemas de classificação de solos dos Estados Unidos (SOIL SURVEY STAFF, 2010) e da FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2007).

Nos municípios de Rancho Queimado e Alfredo Wagner, SC, aparecem também Argissolos com feição morfológica de aumento de escurecimento em profundidade, situados em áreas de típica ocorrência de Cambissolos. Nestes municípios esses solos não apresentam grande expressão geográfica, situando-se em locais esporádicos em meio aos Cambissolos.

Grande parte desses Argissolos é utilizada por pequenos produtores rurais em atividades agro-silvo-pastoris, gerando necessidade de

maiores conhecimentos de seus atributos. Os mecanismos genéticos de formação dos horizontes subsuperficiais escuros também constituem-se em foco de pesquisa, de vez que sua gênese atualmente é pouco compreendida (ALMEIDA et al., 2009).

Este trabalho detalhou os dados morfológicos e químicos de três perfis de Argissolos com horizontes subsuperficiais escurecidos, objetivando ampliar o conhecimento atual a respeito de suas características morfológicas, químicas, mineralógicas e pedogenéticas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e características de clima, relevo, vegetação e geologia dos locais de seleção dos perfis

No município de Içara, SC, foi descrito e coletado o Argissolo Vermelho Alumínico típico (PVa) (EMBRAPA, 2006), na rodovia de acesso norte de Criciúma, SC, entre a sede do município e o trevo da BR-101 (28°44'39,8"S e 49°17'0,8"W), em área de relevo suave-ondulado. O solo é desenvolvido de rochas sedimentares do Permiano, Formação Rio Bonito, Grupo Guatá, composto de siltitos com intercalação de arenitos (DNPM, 1986).

Em locais mais elevados, distantes e isolados na paisagem, ocorrem afloramentos de diabásio (DNPM, 1986). A vegetação original da região é constituída de Floresta Ombrófila Densa (SANTA CATARINA, 1986), alterada pela atividade antrópica (ALMEIDA et al., 2009).

O clima regional é classificado como sendo *Cfa* (KÖPPEN, 1948), com temperatura média anual entre 16 e 18°C e precipitação pluviométrica aproximada de 1.400 mm. A altitude é de 23 m, no local amostrado.

O perfil do PVa foi coletado cerca de 9 km distante do perfil representativo estudado por Almeida et al. (2009). Esses solos são de ampla ocorrência em Criciúma, Içara e nos municípios do seu entorno, ocupando uma área de pelo menos 700 km<sup>2</sup> (ALMEIDA et al., 2009), neles prevalecendo atividades agrícolas de pequenos

produtores.

Próximo à sede do município de Rancho Queimado, na rodovia BR-282, entre Rancho Queimado e Alfredo Wagner (27°41'49,2''S e 49°02'49,1''W) foi descrito e coletado o Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd) (EMBRAPA, 2006). Esse solo está situado em uma altitude de 900 m, sob clima *Cfb* (KÖPPEN, 1948), apresentando litologia constituída de remanescentes de granitos e gnaisses do Complexo Tabuleiro, Faixa Granito-Gnáissica Santa Rosa de Lima/Tijucas, do Arqueano/Proterozóico Inferior (DNPM, 1986). A vegetação é de Floresta Ombrófila Mista (SANTA CATARINA, 1986), ainda preservada no município, distribuída predominantemente em relevo forte-ondulado.

No local de coleta das amostras (em posição de encosta), o solo apresentava-se cultivado com gramíneas. Os horizontes subsuperficiais escuros do PAd foram constatados ocorrer em situações de pedimento e de encosta, não sendo constatada sua ocorrência em situação de topo.

No município de Alfredo Wagner foi descrito e coletado o Argissolo Bruno-Acinentado Alítico típico (PBACal) (EMBRAPA, 2006) a 100 m da rodovia BR-282 (27°42'02''S e 49°20'01''W), em situação de relevo forte-ondulado, sob vegetação de campo e com mata preservada no seu entorno. As amostras foram coletadas em situação de encosta, sendo que não se constatou a presença de horizonte subsuperficial escurecido em situação de topo.

O clima predominante é mesotérmico úmido, do tipo *Cfb* (KÖPPEN, 1948), com verões brandos e temperaturas anuais médias entre 16 e 20°C, inverno frio, com a ocorrência de geadas e verão amenizado pela altitude (833m). As chuvas são abundantes e bem distribuídas ao longo do ano, com precipitações anuais em torno de 1.700 mm. A vegetação original é constituída de Floresta Ombrófila Mista (SANTA CATARINA, 1986) e a litologia é constituída de argilitos e siltitos da Formação Rio Bonito, cronologia Permiano Médio/Inferior (DNPM, 1986).

### Caracterização morfológica e química

Nos perfis dos Argissolos foram efetuadas descrições gerais conforme Santos et al. (2005). As análises químicas para caracterização analítica dos perfis foram efetuadas segundo os procedimentos sugeridos por EMBRAPA (1997): determinação do pH em água e em KCl 1M, por potenciometria com imersão do eletrodo em suspensão solo:líquido 1:2,5; cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis foram extraídos com solução KCl 1M e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica; a acidez trocável foi determinada no mesmo extrato por titulação com NaOH em presença de fenolftaleína como indicador; potássio (K) e sódio (Na) foram extraídos com solução de acetato de amônio e quantificados por fotometria de chama.

Para a quantificação do carbono orgânico (CO) procedeu-se à oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor despreendido do ácido sulfúrico e aquecimento até 150°C, o excesso de dicromato após a oxidação foi titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal. A porcentagem de matéria orgânica (MO) foi calculada multiplicando-se o resultado do CO por 1,724 (fator de van Bemmelen), assumindo-se o CO participar em uma composição média de 58% na MO do solo (TEDESCO et al., 1995).

A acidez potencial (H + Al) foi quantificada após extração com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e por titulometria com solução de NaOH em presença de fenolftaleína como indicador, conforme EMBRAPA (1997). Com base nesses parâmetros foi calculada a capacidade de troca de cátions ao pH do solo ( $CTC_{efetiva}$ ), a desenvolvida em pH 7,0 ( $CTC_{pH7,0}$ ), a soma de bases (SB), a saturação por bases (V%) e por alumínio (m%), conforme EMBRAPA (1997). A atividade da argila (Ativ.) foi calculada sem desconto da contribuição do carbono orgânico (EMBRAPA, 2006).

Conforme EMBRAPA (1997), procedeu-se à extração de ferro (Fe), alumínio (Al) e silício (Si) totais na TFSA, com ácido sulfúrico

1:1 (volume água/volume ácido) aquecendo-se as amostras por 30 minutos contados a partir do início da fervura, sob refluxo, com posterior resfriamento, filtragem e diluição. No resíduo da filtragem adicionou-se NaOH 30% em copo de teflon, sendo submetido a aquecimento, até o início da fervura. Após, deixou-se esfriar e transferiu-se para balão volumétrico aferido, para determinação do Si; a quantificação de Fe, Al e Si totais foi feita em equipamento de espectroscopia de absorção atômica, utilizando-se de mistura ar-acetileno na quantificação do Fe e de óxido nitroso-acetileno para o Al e o Si; os resultados foram expressos na forma de óxidos.

Baseando-se nas quantificações de Si, Fe e Al do ataque sulfúrico, e com a finalidade de inferir-se sobre o estágio de intemperização dos solos, procedeu-se ao cálculo das relações moleculares (Ki e Kr) com base nas relações molares dos óxidos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Morfologia dos solos

O perfil do Argissolo Vermelho (PVA) apresenta, no estado úmido, coloração no matiz 2,5 YR em todos os horizontes (Tabela 1), com valores e cromas nos horizontes A3, AB e BA mais baixos que nos horizontes sub/sobrejacentes, o que lhes confere uma coloração mais escurecida em profundidade. No estado seco, apresenta coloração no matiz 7,5 YR no horizonte A1, aumentando o avermelhamento em profundidade a partir do A2 até o AB (5,0 YR), atingindo matiz 2,5 YR nos demais horizontes.

Este solo, exposto ao sol, apresenta intenso fendilhamento ao longo do perfil. Esta característica, associada à estrutura prismática, que se desfaz em blocos angulares e subangulares, sugere a participação expressiva de argilominerais 2:1, o que foi comprovado pelas análises de difratometria de raios-X (dados não apresentados).

Tabela 1 - Notações da Escala Munsell de Cores para Solos (N.M.) para cor seca (s) e úmida (u) nos perfis analisados.

Perfil	N.M.	N.M.	Perfil	N.M.	N.M.	Perfil	N.M.	N.M.
(*)	(u)	(s)	(*)	(u)	(s)	(*)	(u)	(s)
(PV) A1	2,5YR3/4	7,5YR	(PA) A1	7,5YR	10YR	(PB) A1	10YR	10YR
	4	5/4		5/4	5/2		4/3	5,5/3
A2	2,5YR	5,0YR	A2	7,5YR	10YR	A2	10YR	10YR
	4/6	5/4		4/3	5/2		3,5/3	5,5/3
A3	2,5YR	5,0YR	AB	7,5YR	7,5YR	AB	10YR	10YR
	2,5/4	4/4		3/2	3/0		3/2	5,5/3
AB	2,5YR	5,0YR	BA	7,5YR	10 YR	Bt	10YR	10YR
	2,5/2	3/4		5/3	5/3		5/4	6/2
BA1	2,5YR	2,5YR	Bt	7,5YR	2,5Y			
	2,5/3	3/6		7/4	7/7			
BA2	2,5YR	2,5YR	BC	7,5YR	2,5Y			
	2,5/4	4/6		7/6	7/7			
Bt1	2,5YR	2,5YR	C	7,5YR	2,5Y			
	3/6	4/8		8/4	7/7			
Bt2	2,5YR	2,5YR						
	4/6	4/8						

(\*) PV= Argissolo Vermelho; PA= Argissolo Amarelo; PB= Argissolo Bruno-Acinzentado. Letras e valores em negrito representam os horizontes subsuperficiais escurecidos.

Nos horizontes AB, BA1 e BA2, há a presença de material orgânico revestindo a superfície de agregados e de poros, promovendo um significativo escurecimento na matriz do solo. Nos horizontes Bt1 e Bt2 também existe material orgânico revestindo agregados e poros, embora de maneira menos intensa. A presença desse material nos horizontes Bt1 e Bt2 sugere haver iluviação de compostos húmicos ao longo do perfil. De fato, houve aumento do C dos ácidos fúlvicos em profundidade, do horizonte A1 até o BA1, indicando mobilidade dessa fração no solo (dados não apresentados).

A partir do horizonte BA2, ocorre cerosidade em grau de desenvolvimento forte e em quantidade comum. Manifesta-se forte

e abundante no Bt1 e forte e comum no Bt2. A cerosidade denota a presença de argila iluvial, e também de horizonte diagnóstico subsuperficial do tipo B textural.

A manifestação de graus significativos de dureza, firmeza e plasticidade (Tabela 2) também comprova a participação de argilominerais de camada 2:1 ao longo do perfil.

O horizonte subsuperficial escuro AB, situa-se nas profundidades de 32 a 59 cm, apresentando, portanto, no perfil descrito, 27 cm de espessura. No entanto, o horizonte BA2 vai até 100 cm de profundidade, o que confere um escurecimento em profundidade de 68 cm, somando-se o AB, BA1 e BA2. Não há nenhuma evidência, neste perfil, que possa indicar alguma descontinuidade

Tabela 2 - Consistências dos Argissolos nos estados seco, úmido e molhado.

Perfil*	Tenacidade	Friabilidade	Plasticidade	Pegajosidade
(PV) A1	l.d./d.	m.fr.	m.pl.	l.pg.
A2	l.d./d.	m.fr.	pl.	pg.
A3	l.d./d.	fr.	pl.	pg.
AB	l.d./d.	fr.	m.pl.	pg.
BA1	l.d./d.	fr.	pl.	pg.
BA2	l.d./d.	fir.	pl.	l.pg.
Bt1	l.d./d.	fir.	pl.	l.pg.
Bt2	l.d./d.	fr.	l.pl.	l.pg.
(PA) A1	mc.	m.fr.	pl.	l.pg.
A2	mc.	m.fr.	pl.	l.pg.
AB	mc.	m.fr.	pl.	l.pg.
BA	l.d.	m.fr.	m.pl.	pg.
Bt	l.d.	m.fr.	pl/m.pl.	pg./m.pg.
BC	l.d.	m.fr.	pl.	m.pg.
C	l.d.	m.fr.	pl.	l.pg.
(PB) A1	l.d.	fir.	l.pl.	pg.
A2	l.d.	fr.	pl.	pg.
AB	m.d./ex.d.	fr.	pl.	l.pg.
BA	m.d./ex.d.	fir.	pl.	l.pg.
Bt	ex.d.	fir.	pl.	pg.
BC	d.	fir.	pl.	pg.
C	d.	fir.	pl.	pg.

\*PV = Argissolo Vermelho; PA = Argissolo Amarelo; PB = Argissolo Bruno-Acinzentado. mc.=macia; l.d.=ligeiramente dura; d.=dura; m.d.=muito dura; ex.d.= extremamente dura; fr.=friável; m.fr.=muito friável; fir.=firme; l.pl.=ligeiramente plástica; pl.=plástica; m.pl.=muito plástica; l.pg.=ligeiramente pegajosa; pg.=pegajosa; m.pg.=muito pegajosa. Letras e valores em negrito representam horizontes subsuperficiais escuros.

litológica ou influência de ação deposicional sobre o horizonte AB. Conforme comentado, este solo apresenta o horizonte subsuperficial escuro também em situação de topo.

O perfil do PAd apresenta espessura de 132 cm até o horizonte BC, sendo enquadrado, portanto, como solo profundo. Em comparação com o PVa, é menos desenvolvido em profundidade.

No estado úmido, a coloração apresenta matiz 7,5 YR em todos os horizontes (Tabela 1), com valores e cromas diminuindo da superfície até o horizonte subsuperficial escurecido AB, daí passando a aumentar em profundidade.

A coloração 7,5 YR 3/2 confere-lhe um maior escurecimento em profundidade, em relação aos demais horizontes (Tabela 1). No estado seco, a coloração apresenta matiz 10 YR nos horizontes A1, A2 e BA. 2,5 Y nos horizontes Bt, BC e C. 7,5 YR no horizonte subsuperficial escurecido AB, conferindo-lhe maior escurecimento também na cor seca.

A maior espessura, na soma dos horizontes subsuperficiais escurecidos AB e BA, atinge 28 cm, no perfil descrito, bem inferior, portanto, à espessura dos horizontes subsuperficiais escurecidos relacionada ao PVa.

Apresenta cerosidade comum e moderada no horizonte Bt. Nos horizontes AB, BA e Bt não foram constatadas deposições de material orgânico ao longo dos agregados e/ou poros, ou seja, a cor mais escura encontra-se bem disseminada em toda a matriz desses horizontes. Houve aumento do C da fração ácidos húmicos no horizonte AB (dados não apresentados).

A manifestação de significativos níveis de plasticidade e de pegajosidade (Tabela 2) indica participação expressiva de minerais de argila 2:1 neste perfil, conforme constatada em análises da fração argila (dados não apresentados).

O perfil do PBACal apresenta espessura de 132 cm até o horizonte BC, sendo enquadrado em solo profundo. Apresenta profundidade igual ao PAd. A coloração no estado úmido apresenta matiz 10 YR em todos os horizontes (Tabela 1), no entanto, com menor valor e croma no horizonte

AB, o que confere ao solo um escurecimento mais acentuado no horizonte subsuperficial. No estado seco, apresenta o mesmo matiz até o horizonte Bt (10YR), com menor valor e croma no A1, A2 e AB (5,5/3).

No BC/Cr apresenta superfícies de compressão entre agregados. A dureza, firmeza, plasticidade e pegajosidade (Tabela 2) e a presença de superfícies de compressão denotam participação expressiva de minerais de argila 2:1, comprovada pelas análises de difração de raios-X (dados não apresentados).

A maior espessura dos horizontes AB e BA, somados, atinge 39 cm, sendo superior à do PAd e bem inferior à do PVa. Há presença de revestimentos orgânicos, moderados e comuns, em agregados, nos horizontes Bt e BC. Há cerosidade moderada e comum no Bt e fraca e comum no BC. Essas características sugerem haver iluviação de material orgânico e também de argila ao longo do perfil. Houve aumento da relação entre o carbono dos ácidos húmicos e o carbono dos ácidos fúlvicos (dados não apresentados) neste perfil. Ocorre, também, intensa atividade biológica de cupins e formigas ao longo de todo o perfil.

### Caracterização química básica

Do ponto de vista químico, os Argissolos estudados são solos ácidos, dessaturados (baixa SB), portanto distróficos ( $V < 50\%$ ), com elevada saturação por alumínio no complexo de troca ( $m > 20\%$ ) (os horizontes superficiais do PVa diferem, neste quesito, dos demais Argissolos, por terem sofrido calagem) e com argila de atividade baixa (Tb) nos horizontes Bt ( $T < 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila) (Tabela 3).

O teor de CO do PVa aumenta em profundidade, sendo os valores mais altos encontrados nos horizontes subsuperficiais mais escurecidos AB e BA. No PAd não ocorre aumento em profundidade, no entanto atinge o valor de 2,66% no horizonte AB. No PAd o solo não atinge o caráter aluminico ( $Al \geq 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo associado com  $T < 20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila) e nem alítico ( $Al \geq 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo e  $T \geq 20$

Tabela 3 - Caracterização química dos Argissolos

Perfil*	C	pH	pH	Ca	Mg	K	Na	Al	SB	CTC	m	H+Al	CTC	V	Ativ.
		(água)	(KCl)							(ef)			(pH7,0)		
	(%)			.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....						(%)	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	(%)	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>		
(PV)A1	1,13	6,3	5,2	7,5	4,6	0,14	0,01	0,0	12,3	12,3	0	0,5	12,8	96	
A2	0,90	6,3	5,3	7,5	4,4	0,07	0,08	0,0	12,1	12,1	0	2,1	14,2	86	
A3	1,00	5,8	4,4	7,5	4,8	0,07	0,03	0,5	12,4	12,9	3	0,5	12,9	96	
AB	1,30	4,7	3,8	4,3	2,0	0,06	0,01	2,6	6,4	9,0	29	3,8	10,2	62	
BA1	1,27	4,5	3,7	4,3	0,7	0,07	0,00	4,6	5,0	9,6	48	9,2	14,2	35	
BA2	1,23	4,3	3,7	2,8	0,3	0,08	0,08	4,3	3,3	7,6	57	6,5	9,8	34	
Bt1	0,77	4,3	3,7	2,2	0,2	0,08	0,00	4,3	2,5	6,8	63	4,8	7,3	34	12
Bt2	0,32	4,4	3,7	2,6	0,4	0,08	0,01	3,9	3,1	7,0	55	4,5	7,6	41	13
(PA)A1	3,53	4,4	3,8	0,5	0,5	0,14	0,10	4,2	1,3	5,5	76	9,7	11,0	12	
A2	3,05	4,4	3,9	0,5	0,3	0,07	0,00	3,4	0,9	4,3	80	9,6	10,5	9	
AB	2,66	4,4	4,0	0,1	0,3	0,05	0,00	3,2	0,4	3,7	88	13,3	13,7	3	
BA	1,39	4,5	3,9	0,1	0,2	0,04	0,00	3,0	0,4	3,4	89	7,4	7,8	5	
Bt	0,82	4,5	3,9	0,1	0,3	0,07	0,00	2,7	0,5	3,2	85	4,2	4,7	10	9
BC	0,50	4,8	4,0	0,1	0,3	0,04	0,02	2,0	0,5	2,4	81	2,1	2,6	18	
C	0,35	4,5	4,0	0,0	0,3	0,04	0,02	1,9	0,4	2,2	84	2,0	2,4	16	
(PB)A1	3,02	4,2	3,5	0,8	0,7	0,40	0,08	8,2	2,0	10,2	81	19,4	21,3	9	
A2	1,85	4,2	3,6	0,7	0,6	0,36	0,03	9,6	1,7	11,3	85	18,0	19,7	9	
AB	2,21	4,5	3,7	0,3	0,5	0,26	0,01	10,3	1,1	11,4	90	17,5	18,6	6	
Bt	0,87	4,4	3,7	0,5	0,5	0,08	0,02	10,8	1,1	11,9	91	11,7	12,8	9	22

\*C = Carbono; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; Na = sódio; Al = alumínio trocável; SB = soma de bases; CTC(ef) = capacidade de troca de cátions efetiva; m = saturação por alumínio; H+Al = hidrogênio mais alumínio; CTCpH7 = capacidade de troca de cátions em pH 7,0; V = saturação por bases; Ativ.= atividade da fração argila; PV = Argissolo Vermelho; PA = Argissolo Amarelo; PB = Argissolo Bruno-Acinzentado. Em negrito representam-se os horizontes subsuperficiais escurecidos.

cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de argila) (EMBRAPA, 2006), porém a saturação por alumínio (m) atinge valores muito elevados (m = 92 % no BA).

No PBACal o CO do horizonte subsuperficial escurecido (AB) tem valor inferior ao valor do horizonte (A1), sendo superior ao do horizonte A2. O valor de CO para o horizonte A1 do PBACal (C = 3,02 %) é similar aos valores encontrados para a região Sul do Brasil, para solos com horizonte A do tipo húmico, por Dick et al. (2005).

Nos Argissolos com horizontes subsuperficiais escurecidos estudados atualmente em SC, o aumento do escurecimento em

profundidade geralmente não está associado com o aumento de CO. Esse comportamento foi característico no PAD e no PBACal deste estudo, em concordância com as pesquisas de Almeida et al. (2009), Paes Sobrinho et al. (2009) e Oenning (2001). Porém no PVa houve aumento em profundidade.

Caner et al. (2003), em estudo de solos com horizontes subsuperficiais escurecidos, na Índia, associaram o maior escurecimento desses horizontes com a diminuição no teor de CO devido às propriedades inerentes à constituição dos ácidos húmicos presentes no solo. Deduziram que a constituição do húmus, mais do que o teor

de CO, pode conferir ao solo características mais marcantes nas tonalidades escuras.

O teor de  $Al^{+3}$  no perfil do PBACal foi o mais alto dentre os Argissolos, atingindo o valor de  $10,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  no horizonte Bt. O valor da  $CTC_{pH7,0}$  foi de  $21,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo no horizonte A1, além de apresentar atividade da argila de  $22 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  no Bt1, aproximando-se do valor para argila de atividade alta ( $T \geq 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila), denotando a participação de argilominerais 2:1 na  $CTC_{pH7,0}$ .

Os dados químicos são concordantes com os estudos de Oenning (2001), Paes Sobrinho et al. (2009) e Almeida et al. (2009) em Argissolos de SC que apresentam horizontes subsuperficiais escuros.

### Índices Ki e Kr

Proposto por Harassovitz (KEHRIG, 1949), o índice Ki serve para indicar a relação molar

$SiO_2/Al_2O_3$  da fração argila do solo. Em função de o índice Ki da caulinita corresponder a 2, solos muito intemperizados apresentam valores de  $Ki \leq 2$ , enquanto solos pouco intemperizados possuem valores superiores. O índice Kr, por sua vez, separa solos oxídicos ( $Kr \leq 0,75$ ) de cauliniticos ( $Kr > 0,75$ ) (RESENDE e SANTANA, 1988). Não ocorrem solos oxídicos nos perfis analisados (Tabela 4).

Os menores índices Ki encontram-se nos perfis do PVa e do PAd, sendo, de modo geral, menores que 2, indicando tratarem-se de solos cauliniticos. Já para o perfil do PBACal os valores são mais elevados, indicando haver quantidade apreciável de argilominerais 2:1 nesse solo, comprovada pelas análises de raios-X (dados não apresentados).

Os teores de  $Fe_2O_3$  em todos os perfis e horizontes são inferiores a 8%, caracterizando portanto, solos hipoférricos (EMBRAPA, 2006).

Tabela 4 - Composição química ( $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  e  $SiO_2$ ) obtida pelo ataque sulfúrico e índices de intemperismo (Ki, Kr) dos Argissolos.

Perfil*	$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	$SiO_2$	Ki	Kr
	.....dag $kg^{-1}$ .....				
(PV) A1	1,99	5,57	5,59	1,7	0,8
A2	2,89	4,64	5,87	2,2	0,9
A3	3,61	7,81	8,59	1,9	0,9
AB*	5,42	10,60	13,10	2,1	0,9
BA1	7,04	14,13	16,10	1,9	0,9
BA2	6,50	14,59	14,73	1,7	0,8
Bt1	6,50	14,55	16,78	2,0	0,9
Bt2	6,86	16,06	18,14	1,9	0,9
(PA) A1	3,61	11,90	11,46	1,6	0,8
A2	4,33	13,58	14,19	1,8	0,9
AB	4,33	14,30	12,82	1,5	0,8
BA	4,33	15,19	15,14	1,7	0,8
Bt	4,51	16,33	15,42	1,6	0,8
BC	5,42	18,62	16,78	1,5	0,8
C	5,60	21,15	18,83	1,5	0,8
(PB) A1	1,81	6,02	12,01	3,4	1,7
A2	2,89	8,00	14,46	3,1	1,5
AB	3,25	10,48	16,64	2,7	1,3
Bt	3,43	14,05	17,74	2,1	1,1

\*Letras e valores representam os horizontes subsuperficiais escurecidos. Ki = relação molecular silício/alumínio; Kr= relação molecular silício/(alumínio + ferro); PV = Argissolo Vermelho; PA = Argissolo Amarelo; PB = Argissolo Bruno-Acinzentado.



Em todos os Argissolos há aumento gradativo dos valores de Fe, Al e Si em profundidade. O aumento é mais pronunciado a partir dos horizontes subsuperficiais escurecidos (AB e/ou BA). Esse comportamento é esperado, em Argissolos, em função do aumento no conteúdo de argila a partir do horizonte Bt, com respectivos decréscimos nos teores de silte e/ou areia em relação aos horizontes superficiais.

Os valores dos índices Ki (Tabela 4) são condizentes quando confrontados com a atividade da argila no horizonte subsuperficial (Tabela 3), com relação ao PVa (valor T de 12 e de 13  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de argila e Ki de 2,0 e 1,9, respectivamente), PAd (T de 9,2  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de argila e Ki de 1,6) e PBACal (valor T de 22  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , aproximando-se de  $T_a \geq 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila e  $K_i = 2,1$ ).

Os índices Ki, quando confrontados com a  $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$  dos perfis analisados (Tabela 3), demonstram relativa coerência de valores. Assim, para os perfis PVa e PAd os valores de  $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$  são médios (máximo de 14,2 para o PVa e de 13,7  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo para o PAd), assim como os índices Ki ( $< 2$ ), denotando predomínio de caulinita na fração argila, sendo argilomineral de baixa quantidade de cargas negativas. A CTC das caulinitas de solos varia de 3 até 15  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila (GRIM, 1968), e o predomínio da caulinita foi constatado nas análises de difração de raios-X (dados não apresentados).

Os horizontes A1, A2 e AB do PBACal, com valores de  $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$  de 21,3, 19,7 e 18,6  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo, apresentam Ki de 3,4, 3,1 e 2,7, respectivamente, indicando significativa quantidade de argilominerais 2:1 na fração argila. Apesar da participação de 2:1 na fração argila, a  $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$  pode ser resultante dos mais altos teores de MO desses horizontes (Tabela 3). A  $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$  no Bt do PBACal (12,8  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo) diminui significativamente em relação ao A1, A2 e AB, com os índices Ki acompanhando essas variações (horizonte Bt com valor 2,1). Tal fato também é comprovado nos difratogramas de raios-X, onde há maior intercalação de polímeros de hidróxi-alumínio nas entrecamadas dos 2:1 no horizonte Bt, em relação aos horizontes superiores do perfil

(dados não apresentados).

## CONCLUSÕES

Os Argissolos com horizonte subsuperficial escurecido apresentam reação ácida e baixa soma e saturação de bases, elevado teor de alumínio trocável e elevada saturação por alumínio no complexo de troca.

As características morfológicas dos Argissolos (e a atividade de argila e o índice Ki no Argissolo Bruno-Acinzentado) revelam presença de argilominerais 2:1 na fração argila.

As feições morfológicas revelam iluviação de matéria orgânica no Argissolo Vermelho. Neste solo há aumento do carbono coincidente com o aumento do escurecimento em profundidade.

Nos Argissolos Amarelo e Bruno-Acinzentado, as feições morfológicas não permitiram caracterizar iluviação de matéria orgânica. Neste solo, o escurecimento em profundidade não coincide com aumento no teor de carbono orgânico em comparação com o horizonte superficial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. A. et al. Genesis of the sombric horizon in Ultisols (red Argisols) in southern Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.33, p.405-416, 2009.
- CANER, L. et al. Occurrence of sombric-like subsurface A horizons in some andic soils of the Nilgiri Hills (Southern India) and their palaeoecological significance. **Geoderma**, Amsterdam, v.117, p.251-265, 2003.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Mapa geológico do Estado de Santa Catarina**. E= 1:500.000. Florianópolis/SC, 1986.
- DICK, D. P. et al. Characteristics of soil organic matter of different Brazilian Ferralsols under native vegetation as a function of soil depth. **Geoderma**, Amsterdam, v.124, p.319-333, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA

- AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.
- GRIM, R. E. **Clay mineralogy**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1968. 460p.
- KEHRIG, A. G. **As relações Ki e Kr no solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/ Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, 1949. 67p. Boletim do Instituto de Química Agrícola, n. 13.
- IUSS Working Group WRB. **World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007**. Rome: FAO, 2007. 116p. World Soil Resources Reports, n.103.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: con um estúdio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.
- OENNING, I. **Gênese e classificação de solos argilosos com horizonte B escurecido do Sul do Brasil**. 2001. 107f. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de Plantas) - Programa de Pós-Graduação em solos e nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- PAES SOBRINHO, J. B. et al. Mineralogia, propriedades químicas e classificação de solos das Serras do Leste Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.8, p.9-24, 2009.
- RESENDE, M. e SANTANA, D. P. Uso das relações Ki e Kr na estimativa da mineralogia para classificação dos latossolos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTEPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., Rio de Janeiro, 1988. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1988. p.225-232.
- SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro. 1986. 173p.
- SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: SiBCS, 2005. 92p.
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**. 11th ed. Washington: USDA-Natural Resources Conservation Service, 2010. 338p.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.