

# Mineralogia, propriedades químicas e classificação de solos das Serras do Leste Catarinense<sup>1</sup>

*Mineralogy, chemical properties and classification of soils from the eastern coast mountains in Santa Catarina State, Brazil*

João Bosco Paes Sobrinho<sup>2</sup>, Jaime Antonio de Almeida<sup>3</sup>, Joni Erhart<sup>4</sup>

Recebido em 04/04/2007; aprovado em 03/04/2009.

## RESUMO

Dados sobre a composição mineralógica dos solos das serras litorâneas do sul de Santa Catarina são escassos. Este trabalho objetivou caracterizar, do ponto de vista morfológico, físico e químico, perfis de solo representativos desta região, bem como identificar os componentes mineralógicos desses solos e suas relações com as propriedades físicas e químicas. Selecionaram-se sete perfis de Argissolos e Latossolos, contemplando materiais de origem diferenciados. Os perfis foram descritos quanto à morfologia e aspectos do meio físico. Na argila fez-se pré-tratamentos de saturação com K, Mg e Mg + etileno glicol para análises mineralógicas por difratometria de raios X. O silte foi analisado na forma de pó. A maioria dos perfis apresentou reação ácida, médios a baixos teores de carbono orgânico e baixos valores de soma e saturação por bases, indicando tratar-se de solos lixiviados e muito intemperizados. A mineralogia da fração argila revelou-se bastante similar entre os perfis, com caulinita como argilomineral dominante, seguida de proporções baixas de illita, vermiculita com polímeros de Al entrecamadas e interestratificados illita-vermiculita. Óxidos de alumínio do tipo gibbsita, bem como quartzo, também foram constatados em alguns perfis. Apesar da proporção expressiva de argilominerais 2:1 em vários solos, a CTC da fração argila dos solos foi baixa, provavelmente porque os referidos argilominerais apresentam forte intercalação com polímeros de

hidroxi-Al entrecamadas, que reduzem a CTC dos mesmos.

**PALAVRAS-CHAVE:** argissolos, minerais, gênese do solo, propriedades químicas.

## SUMMARY

Information about genesis and mineralogical composition of Santa Catarina soils are scarce. The objectives of this work were to characterize the morphology, chemical, physical and mineralogical attributes of representative soil profiles of the eastern coast mountains of this region, to identify soil mineralogical composition and its relation with soil physical and chemical properties. Seven profiles of Ultisols and Oxisols (Argisols and Latosols in the Brazilian Classification System, respectively), derived from different lithologies, were selected for this study. Morphology of soils and physical aspects of the environment were described. Physical and chemical routine analyses were performed in the fine earth. In the clay fraction, samples were saturated with K, Mg and Mg plus ethylene glycol and analyzed by X-ray diffractometry. Silt was analyzed in powder. All soil profiles were acid, with low organic carbon and low sum of basis and basis saturation, indicating lixiviated and highly weathered soils. Clay soil composition was very similar among the soils. Kaolinite was the dominant clay mineral, with minor proportions of illite, vermiculite with hidroxy-Al interlayers and

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Curso de Mestrado em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

<sup>2</sup> Mestre em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Av. Luís de Camões 2090, CEP 88520-000 Lages, SC. E-mail: a8jbp@cav.udesc.br.

<sup>3</sup> Eng. Agr., Dr. em Ciência do Solo. Prof. do Departamento de Solos e Recursos Naturais da UDESC. E-mail: a2jaa@cav.udesc.br.

<sup>4</sup> Bolsista de Iniciação Científica do Departamento de Solos. UDESC.

interstratified illite-vermiculite. Aluminum oxide (gibbsite) and quartz, were also detected in some profiles. Despite the occurrence of 2:1 clay minerals in some soils, CEC of clay was low, probably because these clay minerals have high hydroxy-Al interlayers, which reduce soil CEC.

**KEY WORDS:** argisols, minerals, genesis, chemical properties.

## INTRODUÇÃO

A intensa ocupação e utilização dos solos catarinenses, aliada a necessidade de exploração sustentável dos recursos naturais, destacam a importância do conhecimento pormenorizado das características básicas desses solos.

Nos levantamentos de solos de Santa Catarina (LEVANTAMENTO..., 1973 e SANTA CATARINA, 1986) a descrição e caracterização dos perfis representativos das classes de solo restringem-se a descrição geral, morfológica e análises físicas e químicas, não havendo, como nos demais levantamentos de solos dos estados brasileiros, informações sobre a mineralogia tanto das frações grosseiras quanto da fração coloidal. Além disso, informações sobre a mineralogia da fração argila dos solos são encontradas apenas para alguns solos ocorrentes em regiões específicas do estado, principalmente aquelas constantes em algumas dissertações e trabalhos de pesquisa (ALMEIDA et al., 1997; BOGNOLA, 1995; CORRÊA, 2003, ALMEIDA et al., 2003). Estes trabalhos foram realizados sobre solos desenvolvidos de basalto e de rochas sedimentares do Alto Vale do Itajaí e Planalto de Lages. Nas demais regiões do estado, a mineralogia da fração argila dos solos é praticamente desconhecida.

A unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense (SANTA CATARINA, 1986), abrange expressiva porção do Estado de Santa Catarina, correspondendo a uma área alongada no sentido norte-sul, que se estende aproximadamente desde a Serra Dona Francisca, no extremo norte do estado, até as proximidades de Criciúma, no extremo sul. Nesta região domina o relevo forte ondulado, correspondendo ao domínio da Mata Atlântica

(SANTA CATARINA, 1986). Com base no sistema de classificação de solos em vigor (EMBRAPA, 2006), os solos dominantes nessa região pertencem a classe Argissolo, seguidos de proporções menores de Cambissolos, Latossolos e Neossolos Litólicos, sendo desenvolvidos de diferentes litologias, notadamente de granitos, gnaisses, migmatitos, arenitos e rochas pelíticas (SANTA CATARINA, 1986).

Devido às altas precipitações pluviométricas verificadas no Estado de Santa Catarina, o intemperismo dos seus solos foi geralmente alto, resultando em intensa lixiviação das bases, culminando com a formação de solos ácidos e com altos teores de alumínio trocável (ERNANI e ALMEIDA, 1986). Dependendo do clima, do material de origem, posição no relevo e idade, podem ocorrer variações significativas na fertilidade química dos solos, bem como na expressão dos seus componentes mineralógicos (MONIZ, 1975).

Dentre as informações existentes sobre a mineralogia de solos com características semelhantes existentes no Brasil, podemos citar Lacerda et al. (2001) que em solos derivados de granito de Minas Gerais encontrou caulinita, gibbsita, óxidos de ferro e vermiculita com hidróxi-entrecamadas (VHE) na fração argila. Moniz et al (1990), trabalhando com solos originados de gnaiss localizados em diferentes condições climáticas do Estado do Rio de Janeiro, encontraram caulinita e esmectita, enquanto Duarte et al. (1996) trabalhando com solos da mesma região encontraram caulinita e óxidos de Al.

A grande maioria dos Argissolos encontrados no Brasil possui baixa fertilidade natural, com predomínio de caulinita na fração argila. Em estudo desenvolvido por Perez et al. (1993) com dezoito Podzólicos provenientes de várias regiões brasileiras, foi constatado o predomínio da caulinita nesses solos, com quantidades menores de illita e de interstratificados illita-vermiculita. Já os Podzólicos derivados de gnaiss podem apresentar fertilidade química variável, de acordo com o ambiente onde se formam. Podzólicos de gnaiss de regiões com menor índice pluviométrico são geralmente mais férteis, com uma maior proporção de esmectitas (MONIZ et al., 1990); já os ocorrentes em clima mais úmido são menos férteis (DUARTE et al., 1996). Lacerda et al.

(2001), também constataram que, tanto em Argissolos distróficos como nos eutróficos da região de Lavras, os minerais primários foram alterados para caulinita, gibbsita e sesquióxidos de ferro, juntamente com vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas no Argissolo eutrófico. O mesmo padrão mineralógico é encontrado nos Podzólicos derivados de rochas pelíticas, como descrito por Vidal-Torrado e Lepsh (1999).

Nesse sentido, a falta de conhecimento sobre a mineralogia dos solos da porção sul das Serras do Leste Catarinense, notadamente dos Argissolos Vermelhos, Vermelho-Amarelos e Amarelos, que constituem a parcela dominante dos solos, motivou a execução deste trabalho, cujo principal objetivo foi identificar os componentes mineralógicos presentes na fração argila destes solos, desenvolvidos a partir de diferentes materiais de origem.

## MATERIAL E MÉTODOS

A amostragem dos solos, realizada em agosto de 2003, foi representativa das principais classes de Argissolos desenvolvidos de diferentes materiais de origem na porção sul das Serras do Leste Catarinense, alguns dos quais, por razões de mudanças nos critérios de classificação introduzidas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos na edição de 2006 (EMBRAPA, 2006), enquadram-se atualmente na classe dos Latossolos. Por se tratar do material mais recorrente, foram selecionados três solos derivados de granito com graus de evolução diferentes, representados por um Argissolo Vermelho-Amarelo, um Cambissolo e um Neossolo. Sobre migmatitos e gnaisses coletaram-se dois perfis de solos que, pelos critérios em vigor durante a coleta (EMBRAPA, 1999), foram classificados como Argissolos, e finalmente dois perfis de Argissolos desenvolvidos de arenitos e ou siltitos.

A vegetação original dominante na região é a Floresta Subtropical Subperenifólia (EMBRAPA, 1999) pertencente à Mata Atlântica. Segundo a classificação de Köppen, a área em estudo se enquadra no clima do grupo Cfa, com precipitações médias anuais de 1600 mm ano.

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 2mm, separando-se as frações grosseiras (cascalho e calhaus, com diâmetro >2,00 mm) e a terra fina (TFSA). As análises laboratoriais foram divididas em físicas, químicas e mineralógicas.

A fração TFSA, após agitação e dispersão com NaOH 1M foi submetida a peneiramento úmido, sendo a fração areia quantificada por pesagem. A argila foi quantificada pelo método do densímetro de Bouyoucus e o silte por diferença. O silte foi posteriormente separado da argila por sedimentação, com base na lei de Stokes. As frações silte e argila foram armazenadas na forma seca e em suspensão, para tratamentos posteriores destinados as análises mineralógicas.

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 carbono orgânico foi determinado após oxidação úmida com dicromato de potássio em meio ácido, por titulação (TEDESCO et al., 1995). 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. 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 (S), CTC efetiva, CTC a pH 7, saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).

De acordo com o trabalho de 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 convertido para 100g de argila e a CTC a pH 7 convertida para 100g de argila nos vários horizontes de cada perfil.

Para as análises mineralógicas utilizou-se difratômetro de raios X Philips automatizado, dotado de goniômetro vertical e monocromador de grafite, sendo utilizado o tubo de Cu e radiação K $\alpha$ . As análises mineralógicas foram procedidas tanto em amostras do pó como em lâminas de argila orientada, sendo os resultados interpretados com base nos parâmetros descritos por Brown e Brindley (1980) e

Whittig e Allardice (1986).

A argila total de horizontes selecionados de cada perfil foi analisada por difratometria de raios X (DRX), após ter sido submetida a saturação com potássio, magnésio e magnésio com etileno glicol (vapor de etileno glicol 50% em frasco dessecador acondicionado em estufa mantida a 65 °C por 24 horas). As suspensões de argila saturadas com K e Mg foram irradiadas a temperatura ambiente, e após secagem em lâmina de argila orientada. As amostras saturadas com K foram também analisadas após aquecimento em temperaturas de 100, 350, e 550 °C. Amostras da fração silte de horizontes selecionados de cada perfil também foram analisadas por DRX, na forma de pó.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Perfis AG 01 e AG 02

Descrito às margens da BR 282, entre Rancho Queimado e Águas Mornas, o perfil AG 01 é desenvolvido de gnaisses, relacionados à Faixa Granito-Gnáissica Santa Rosa de Lima – Tijucas (DNPM, 1987), sendo um solo muito profundo, com espessura do “solum” de 186/206 cm. O horizonte diagnóstico A é do tipo moderado; a espessura dos horizontes A+AB é de 45cm. O horizonte B apresenta textura argilosa e a relação textural B/A é muito baixa (r.t.= 1,07), com estrutura variando de fraca a moderada e cerosidade fraca e pouca até fraca e comum. A cor dominante no horizonte B é vermelho-amarelada, nos matizes 5YR e 4YR (Tabela 1).

Apresenta reação ácida nos horizontes A e B, com pH variando de 4,4 a 4,8. O conteúdo de bases é muito baixo, resultando em valores de soma de bases (S) inferiores a 1 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> em todo o perfil. Os teores de alumínio trocável variam de 0,5 a 1,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, com saturação por alumínio (m%) superior a 50% (Tabela 1). Apresenta argila de atividade baixa e baixa saturação por bases ao longo de todo perfil, sendo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico.

Nos horizontes Cr e C deste perfil a mineralogia da fração argila é bastante similar, sendo composta de caulinita dominante (picos intensos a 7,2 e 3,6 Å) e illita (pico em torno de 10 Å), tanto nas amostras saturadas com K e Mg submetidas à

temperatura ambiente, como nas saturadas com K e aquecidas. Apenas nas amostras saturadas com Mg e submetidas a impregnação com etileno glicol observou-se ligeiro deslocamento dos reflexos de 10 Å para uma região entre 10 e 14 Å, que pode indicar pequena expansão de algumas camadas 2:1 interestratificadas nos cristais de illitas, já parcialmente alteradas pela perda de potássio das entrecamadas (Figura 1). Nos horizontes A e B, também a caulinita é absolutamente dominante, mas observou-se que nas amostras saturadas com K analisadas à temperatura ambiente, os picos em torno de 10 Å são menos intensos do que nas amostras aquecidas, ocorrendo também pequenos picos na região em torno de 14 Å. Nas amostras saturadas com Mg esses dois picos ficam mais evidentes, mas não há modificação substancial na sua posição na amostra Mg + etileno glicol. Este comportamento indica que nesses horizontes, parte das illitas (micas) já transformaram-se em vermiculitas, mas como não há expansão das camadas pelo etileno glicol, tais vermiculitas devem possuir Al nas entrecamadas (BARNHISEL e BERTSCH, 1989).

A razão entre áreas dos picos de argilominerais 2:1 e de 2:1 + 1:1 [ $(A_{21}) / (A_{21} + A_{11})$ ], que expressa a quantidade aproximada de argilominerais 2:1 presente nos horizontes de cada perfil, situa-se em torno de 7% (Tabela 1). O predomínio de caulinita neste perfil, em conjunto com baixa quantidade de argilominerais 2:1, bem como a presença de vermiculita com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas, cujas características de CTC são geralmente bem menores do que a dos seus correspondentes puros, são compatíveis com os baixos valores de CTC estimados para a fração argila deste solo (Tabela 2), por quaisquer dos métodos considerados.

Localizado na estrada entre São Bonifácio e Rio Fortuna, o perfil AG 02 é desenvolvido de migmatitos, relacionados ao Complexo Tabuleiro (DNPM, 1987). É um solo profundo, cuja espessura do “solum” é de 180 cm. O horizonte diagnóstico A é do tipo moderado e a espessura dos horizontes A+AB é de 26 cm. O horizonte B apresenta textura argilosa e a relação textural B/A é baixa (r.t.= 1,23), com estrutura variando de fraca a moderada, e cerosidade fraca e pouca até fraca e comum.

Tabela 1- Resumo das características morfológicas, propriedades físicas e químicas e estimativa aproximada de argilominerais 2:1 (A2:1) em horizontes de sete perfis de solos ocorrentes nas Serras do Leste Catarinense.

PERFIL	HO RIZ	PROF	COR ÚMIDA	pH H <sub>2</sub> O	C	GRANULOMETRIA			S	Al	CTC pH7	V	A 2:1 <sup>1</sup>
						Cascalho + calhaus	Areia Total	Argila					
		cm	Munsell	-----g kg <sup>-1</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----			%			
AGO1	A	0-24	7.5YR 4/3	4,37	21,2	21	370	450	0,69	1,43	6,65	9	9,0
	AB	24-45	5YR 5/6	4,58	9,1	34	340	490	0,34	0,96	3,38	8	-
	B1	45-100	5YR 5/8	4,77	3,9	36	310	490	0,29	0,99	2,78	8	-
	B2	100-126	4YR 5/8	4,74	3,0	25	310	520	0,30	0,86	2,54	9	8,6
	BC	126-186	10R 5/8	4,75	0,7	16	380	500	0,30	0,73	2,08	11	-
	C	186-270	10R 4/8	4,94	0,1	14	390	320	0,23	0,70	1,78	9	4,7
Cr	270-290+	10R 4/8	5,16	0,0	32	520	250	0,49	0,47	1,48	25	5,7	
AGO2	A	0-15	10YR 5.5/2	4,76	33,1	90	290	320	2,61	0,96	9,54	26	16,6
	AB	15-26	10YR 4/4	4,70	15,2	96	350	470	0,73	1,20	6,77	11	-
	BA	26-50	10YR 4.5/6	4,70	9,6	70	340	480	0,49	1,23	5,66	9	-
	B1	50-78	7.5YR 5/6	4,72	5,0	51	350	520	0,34	1,26	5,03	7	-
	B2	78-136	7.5YR 5/8	4,98	3,7	55	270	550	0,49	1,33	5,22	9	17,5
	BC	136-180	6.5YR 5/8	5,00	2,6	58	360	480	0,44	1,03	4,48	10	-
C	180-200+	2.5YR 4/8	5,00	0,2	52	330	320	0,47	1,23	3,27		11,4	
AGO3	A	0-27	7.5YR 4/2	4,70	7,0	376	650	140	0,69	0,40	2,24	26	11,0
	AC1	27-67	7.5YR 5/4	4,78	4,0	406	620	160	0,78	0,33	2,04	33	-
	AC2	67-94	7.5YR 5/6	5,21	2,0	295	640	150	1,76	0,17	2,32	71	11,3
	AC3	94-111	5YR 5/6	5,72	1,0	238	590	190	2,53	0,10	3,28	75	-
	C	111-132	2.5YR 4/6	5,00	1,0	273	590	190	1,38	0,60	2,49	45	20,6
	Cr	132+	5YR 5/6	5,51	1,0	437	590	180	1,94	0,17	2,62	70	9,4
AGO4	A1	0-20	7.5YR 4/3	4,81	14,0	129	530	380	0,95	0,86	6,57	14	18,0
	A2	20-35	7.5YR 3/2	4,76	10,0	201	470	400	0,52	1,13	6,76	8	-
	AB	35-50	7.5YR 4/3	4,57	10,0	175	430	430	0,39	1,16	6,44	6	-
	Bi	50-70	7.5YR 5/5	4,67	15,0	150	390	450	0,40	1,10	4,76	8	22,9
	BC	87-107	7.5YR 5/6	4,75	3,0	174	410	430	0,30	1,08	3,86	8	-
	C1	107-118	7.5YR 5/6	4,75	1,0	81	380	400	0,41	1,10	2,83	11	-
C2	118-132+	10YR 7/4	4,74	1,0	133	620	200	0,32	0,83	2,18	11	3,1	
AGO5	A1	0-30	7.5YR 4/3	4,43	9,0	301	620	300	0,36	0,50	3,18	11	4,7
	A2	30-47	7.5YR 4/3	4,22	8,0	306	650	270	0,30	0,56	2,66	11	-
	AB	47-66	7.5YR 4/4	4,40	6,0	308	490	420	0,38	0,81	3,07	12	-
	BA	66-90	7.5YR 5/6	4,58	6,0	209	450	400	0,27	0,70	2,86	9	-
	Bt1	90-107	5YR 4.5/6	4,62	5,0	122	230	620	0,38	0,95	4,54	8	-
	Bt2	107-133	2.5YR 5/8	4,73	4,0	183	210	650	0,44	0,85	4,08	11	2,1
BC	133-163	2.5YR 5/8	4,79	2,0	126	260	350	0,49	0,55	2,84	17	-	
C	163-200+	2.5YR 5/8	4,74	1,0	92	450	300	0,47	0,58	1,79	20	1,1	
AGO6	A1	0-10	5YR 3/4	6,26	17,0	0	680	180	5,18	0,03	6,24	83	-
	A2	10-23	2.5YR 3/6	4,79	12,8	0	610	280	0,94	0,73	4,64	18	14,7
	AB	23-33	2.5YR 3/4	4,58	5,2	0	570	320	0,47	0,98	4,67	10	-
	BA1	33-60	2.5YR 3/4	4,52	9,9	0	410	480	0,43	1,66	8,12	5	8,2
	BA2	60-90	2.5YR 2.5/4	4,39	8,9	0	360	520	0,43	1,28	7,72	6	-
	Bt1	90-122	2.5YR 3/6	4,32	7,6	0	330	520	0,40	1,61	7,43	5	-
Bt2	122-150	10R 4/6	4,63	4,6	0	300	580	0,35	1,58	6,16	6	3,0	
Bt3	150-200	10R 4/8	4,90	2,7	0	280	620	0,53	1,35	5,68	9	-	
Cr	200-210+	10R 4/8	4,23	0,6	0	290	380	0,96	2,96	7,57	9	40,1	
AGO7	A	0-13	7.5YR 3/3	4,90	20,0	5	620	280	2,70	0,33	5,80	44	16,4
	AB	13-25	7.5YR 5/6	4,92	6,0	2	650	270	0,96	0,85	3,40	23	-
	BA	25-57	7.5YR 5/8	4,64	3,6	0	490	420	0,43	0,98	3,08	11	-
	Bt1	57-104	6.5YR 5/8	4,54	2,3	0	450	400	0,34	0,35	3,19	10	-
	Bt2	104-139	5YR 5/8	4,48	2,0	0	230	620	0,33	1,51	3,50	7	16,0
	BC	139-155	5YR 5/8	4,46	1,6	0	210	650	0,33	1,42	3,82	6	16,0
C1	155-185	2.5YR 4/8	4,40	1,4	0	260	550	0,32	1,68	3,83	6	-	
C2	185-220	3.5YR 5/8	4,27	1,4	0	450	300	0,28	1,46	3,28	6	-	
Cr	220-230+	10R 5/6	4,35	1,0	0	-	-	0,27	1,03	2,28	8	18,8	

A2:1 = área dos picos de argilominerais 2:1 em relação à área dos picos de argilominerais 2:1 + 1:1 estimados por Difractometria de Raios X.

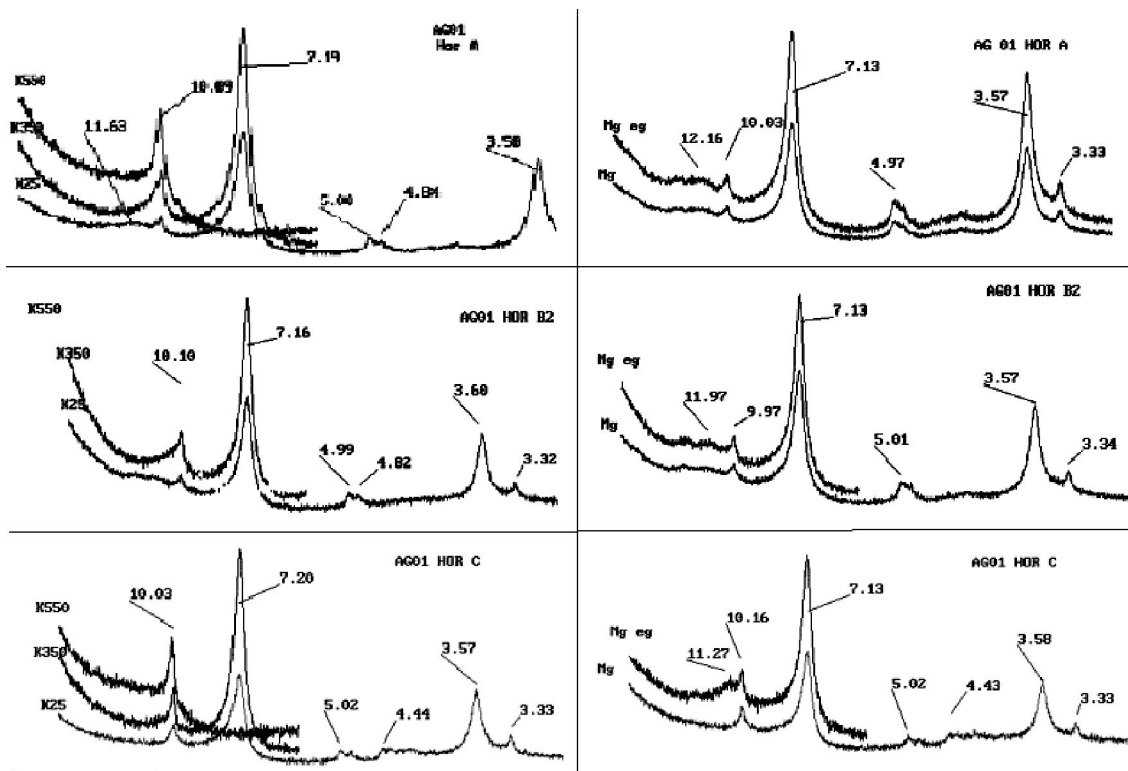


Figura 1- Difratomogramas da fração argila orientada dos horizontes A, B2 e C do perfil AG01, saturadas com potássio e analisadas à temperatura ambiente (K25), aquecidas a 350 (K350) e a 550 °C (K550), e analisadas após saturação com magnésio (Mg) e saturação com magnésio e impregnação com vapor de etileno glicol (Mg eg). Espaçamentos em ângstrom (Å)

A cor dominante no horizonte B é vermelho-amarelada, nos matizes 7.5 YR e 6.5 YR.

A reação é ácida nos horizontes A e B, com pH variando de 4,8 a 5,0. O conteúdo de bases é muito baixo, apresentando valores de soma de bases (S) de 2,6  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  no horizonte A, e no restante do perfil valores inferiores a 1  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ . Os teores de alumínio trocável variaram de 1,0 a 1,3  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , sendo a saturação por alumínio (m%) superior a 60%, com exceção do horizonte A (27%) (Tabela 1), o que leva a crer que possa ter ocorrido alguma atividade antrópica na superfície do perfil. Apresenta argila de atividade baixa e baixa saturação por bases ao longo de todo perfil, sendo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico argissólico.

O perfil AG 02 também apresenta caulinita como argilomineral dominante (picos em torno de 7,2 e 3,6 Å), seguido de proporções baixas de argilominerais 2:1 (picos em torno de 10 e 14 Å) (dados não mostrados). Diferentemente do perfil anterior, onde os argilominerais 2:1 dominantes eram

do grupo da illita nos horizontes mais próximos da rocha, neste perfil, já no horizonte C ocorrem picos em torno de 14 Å, indicando provavelmente vermiculitas com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas, melhor definidos na amostra saturada com Mg. Isto sugere maior grau de alteração do horizonte C. Na amostra saturada com K deste horizonte, ocorre uma contração paulatina das camadas até 10 Å com o aquecimento, mantendo ainda ligeira assimetria para ângulos  $2\theta$  mais baixos, notadamente na amostra aquecida a 350 °C. Este comportamento é indicativo da presença de polímeros de Al nas entrecamadas das vermiculitas, mas também pode ser devido à presença de interstratificados illita-vermiculita. Nos horizontes A e B, também a caulinita é dominante, seguido de proporções significativas de vermiculitas (picos intensos a 14 Å), illita (picos a 10 Å) e interstratificados illita-vermiculita (picos entre 10 e 14 Å nas amostras com Mg e Mg + etileno glicol) (dados não mostrados). O fato de não ter havido contração completa das camadas até 10 Å nas

amostras saturadas com K e aquecidas a 350 °C, bem como a ausência de expansão além de 14Å nos tratamentos de Mg + etileno glicol, indicam que as vermiculitas apresentam polímeros de Al entrecamadas. Em todos os horizontes, também ocorrem pequenos picos em torno de 4,85Å, indicativos da gibbsita.

A razão entre áreas dos picos de argilominerais 2:1 e de 2:1+1:1 [(A<sub>21</sub>)/(A<sub>21</sub>+A<sub>11</sub>)] neste perfil situa-se em torno de 15% (Tabela 1). Esta razão é mais alta do que a do perfil AG 01, compatível com os valores mais altos da CTC da fração argila neste solo (Tabela 2).

Sugere-se o seguinte modelo de evolução mineralógica para os perfis AG 01 e AG 02: os minerais primários mais facilmente intemperizáveis presentes no gnaiss e no migmatito (feldspatos, piroxênios e anfibólios), bem como parte das micas, alteraram-se por hidrólise transformando-se em caulinita, por processos de monossilização (MELFI e PEDRO, 1977). Parte das micas, pela perda gradativa de potássio, transformaram-se em illitas ou em vermiculitas com polímeros de hidróxi-Al

entrecamadas, processo esse ocorrente já no horizonte C. Nos horizontes mais superficiais, as maiores taxas de fluxo lixiviante devem ter favorecido a remoção preferencial de K de algumas entrecamadas dos cristais de illita, formando interstratificados illita-vermiculita, além daqueles componentes também identificados no horizonte C.

#### Perfil AG 03 – Sangão

Descrito no trecho entre São Gabriel e Sangão, o perfil AG 03 é desenvolvido de granito, relacionado à Suíte Intrusiva Pedras Grandes (DNPM, 1987), sendo um solo profundo, cuja espessura do “solum” é de 111 cm. O horizonte diagnóstico A é do tipo moderado; a espessura dos horizontes A+AC1 é de 67 cm. A textura é arenosa cascalhenta e a estrutura é fraca. A cor dominante nos horizontes AC e C é vermelho-amarelada, nos matizes 7,5 YR e 5 YR.

Areação é ácida nos horizontes Ae AC, com pH variando de 4,7 a 5,7. O conteúdo de bases é baixo, resultando em valores de soma de bases (S) inferiores a 2,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> em todo o perfil. Os teores de alumínio trocável variam de 0,4 a 0,6 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, e

Tabela 2 - Estimativa da contribuição da fração argila e do carbono para a CTC do solo segundo o método de Bennema (1966) e de acordo com a fórmula de cálculo, considerando ou não a contribuição do carbono para a CTC.

Perfil	Método Bennema		Método de cálculo com base no teor de argila e no carbono orgânico		
	Equações de regressão <sup>1</sup>	Contrib argila	Contrib carbono	Sem desconto da contribuição do carbono <sup>2</sup>	Com desconto da contribuição do carbono <sup>3</sup>
		----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----			
AG01	CTC=2,57C+5,48 r <sup>2</sup> = 0,953	5,48	2,57	6,62	3,96
AG02	CTC=2,27C+7,52 r <sup>2</sup> = 0,998	7,52	2,27	9,50	6,02
AG04	CTC= 3,06C+7,95 r <sup>2</sup> = 0,961	7,95	3,06	9,79	5,70
AG05	CTC=1,73C+5,05 r <sup>2</sup> = 0,930	5,05	1,73	6,45	3,04
AG06	CTC=2,50C+9,53 r <sup>2</sup> = 0,912	9,53	2,50	11,20	7,59
AG07	CTC=1,62C+14,27 r <sup>2</sup> = 0,888	14,27	1,62	8,26	6,64

<sup>1</sup> CTC = capacidade de troca de cátions convertida para 100 g de argila; C = carbono orgânico do solo convertido para 100 g de argila.

<sup>2</sup> Cálculo efetuado segundo a fórmula:  $CTC_{argila} = (CTC_{TFSA} / \%argila)100$ .

<sup>3</sup> Cálculo efetuado segundo a fórmula:  $CTC_{argila} = [(CTC_{TFSA} - \%C \cdot 4,5) / \%argila] 100$ .

a saturação por alumínio (m%) é superior a 50% (Tabela 1) apenas no horizonte A. Apresenta argila de atividade muito baixa, com saturação por bases superior a 50% na maioria dos horizontes subsuperficiais, sendo assim caracterizado como eutrófico. É um solo pouco evoluído e sem horizonte B diagnóstico, com horizonte A sobrejacente a horizonte C de textura arenosa em todos os horizontes, com estrutura fraca por todo o perfil, sendo classificado como Neossolo Regolítico Psamítico típico.

A mineralogia da fração argila deste solo é bastante similar entre os horizontes (Figura 2), composta de caulinita dominante, illita, vermiculita (provavelmente com polímeros de hidróxi-Al), interstratificados illita-vermiculita e pequenas quantidades de gibbsita e quartzo.

Do horizonte AC ao Cr, observa-se que não há diferenças apreciáveis no padrão dos difratogramas das amostras saturadas com K e com Mg, quando analisadas à temperatura ambiente. Predomínio de caulinita, com reflexos a 7,2 e a 3,59 Å, proporções

menores de mica (illita), com picos em torno de 10 Å e argilominerais 2:1, provavelmente expansíveis, do tipo vermiculita, com reflexos em torno de 14,4 Å. O aquecimento das amostras saturadas com K a 350 °C revela intensificação do reflexo a 10 Å, fruto da contração das camadas de parte das vermiculitas sem Al entrecamadas, mas com deslocamento do reflexo de 14,4 Å para espaçamentos menores, entre 11 e 12 Å após o aquecimento a 550 °C, sugerindo que parcela expressiva das camadas 2:1 da vermiculita apresenta forte intercalação com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas do horizonte AC até o Cr, mas também pode ser devido a presença de interstratificados do tipo mica-vermiculita. Também aparecem picos expressivos de gibbsita (4,87 Å). No horizonte A, a composição mineralógica é praticamente a mesma, exceto pela ausência dos picos de interstratificados.

A razão entre áreas dos picos de argilominerais 2:1 e de 2:1 + 1:1  $[(A_{21})/(A_{21}+A_{11})]$  neste perfil situa-se em torno de 13% (Tabela 1).

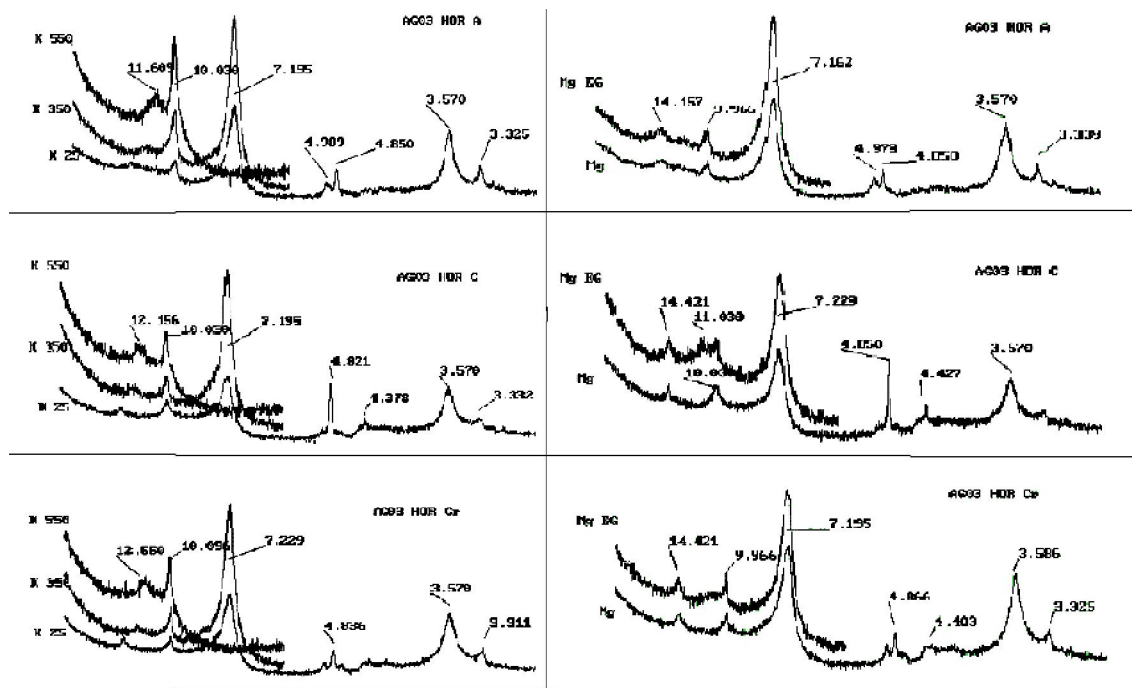


Figura 2 - Difratogramas da fração argila orientada dos horizontes A, C e Cr do perfil AG03, saturadas com potássio e analisadas à temperatura ambiente (K25), aquecidas a 350 (K350) e a 550 °C (K550), e analisadas após saturação com magnésio (Mg) e saturação com magnésio e impregnação com vapor de etileno glicol (Mg eg). Espaçamentos em ângstrom (Å).



### Perfil AG 04 – São Sebastião

Descrito às margens da estrada que liga os municípios de Treze de Maio e Santa Cruz, o perfil AG 04, desenvolvido de granito relacionado à Suíte Intrusiva Pedras Grandes (DNPM, 1987), é um solo profundo, cuja espessura do “solum” é de 107cm. O horizonte diagnóstico A é do tipo moderado; a espessura dos horizontes A+AB é de 50cm. O horizonte Bi apresenta textura argilosa e a relação textural B/A é muito baixa (r.t.= 1,17), com estrutura variando de fraca a moderada, e ausência de cerosidade. A cor dominante no horizonte B é bruno forte, no matiz 7,5 YR.

A reação é ácida nos horizontes A e B, com pH variando de 4,5 a 4,8. O conteúdo de bases é muito baixo, com soma de bases (S) inferior a 1  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  em todo o perfil. Os teores de alumínio trocável variam de 0,8 a 1,2  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , mas apesar disso a saturação por alumínio (m%) é superior a 50% (Tabela 1). Tem argila de atividade baixa e baixa saturação por bases ao longo de todo perfil, sendo classificado como Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico.

No horizonte C2 deste perfil o argilomineral dominante é a caulinita (picos intensos de 7,2 e 3,6 Å) e também ocorrem illita (pico em torno de 10Å) e vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas em menores proporções (picos em torno de 14Å). Isto ficou bem caracterizado nas amostras que foram saturadas com Mg a temperatura ambiente (dados não mostrados). Nas amostras saturadas com K e aquecidas houve forte assimetria para ângulos mais baixos, sem haver contração total a 10Å. Além disso, nas amostras saturadas com Mg e impregnadas com etileno glicol, não houve expansão das camadas para espaçamentos superiores a 14 Å, demonstrando que existe um impedimento tanto na contração quanto na expansão das camadas dos argilominerais. Devido ao ambiente lixiviante, é provável que as micas presentes no granito tenham sido transformadas em vermiculita com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas, relacionados ao meio ácido (BARNHISEL e BERTSCH, 1989).

No horizonte Bi, a mineralogia da fração argila foi similar a do horizonte C, ocorrendo também picos a 12 Å nas amostras saturadas com potássio, o que se repete nas amostras saturadas com Mg e Mg + etileno glicol. Isto sugere a existência de caulinita como argilomineral dominante, seguida de illita,

interestratificados illita-vermiculita e vermiculita com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas. A mineralogia da fração argila do horizonte A foi similar a do horizonte Bi.

A razão entre as áreas dos picos de argilominerais 2:1 e de 2:1 + 1:1 foi em torno de 14% (Tabela 1), sem relação direta com os valores de CTC da fração argila (Tabela 2), sugerindo que tanto as vermiculitas quanto os interestratificados illita-vermiculita possuam intercalação das camadas 2:1 com polímeros de hidróxi-Al, o que pode reduzir drasticamente a CTC em relação aos correspondentes puros (BARNHISEL e BERTSCH, 1989).

### Perfil AG 05 – São Gabriel

Localizado na estrada secundária de Sangão em direção à localidade de São Gabriel, o perfil AG 05, desenvolvido de granito, relacionado à Suíte Intrusiva Pedras Grandes (DNPM, 1987), é um solo profundo, cuja espessura do “solum” é de 163 cm. O horizonte diagnóstico A é do tipo moderado; a espessura dos horizontes A+AB é de 66 cm. O horizonte B apresenta textura argilosa e a relação textural B/A é alta (r.t.=1,70), com estrutura variando de fraca a moderada, e com cerosidade fraca e pouca e fraca e comum. A cor dominante no horizonte B é vermelho-amarelada, nos matizes 7.5 YR, tornando-se mais vermelha (matiz 2.5 YR) na base deste horizonte.

A reação é ácida nos horizontes A e B, com pH variando de 4,2 a 4,8. O conteúdo de bases é muito baixo, com soma de bases (S) inferior a 0,5  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  em todo o perfil. Os teores de alumínio trocável variam de 0,5 a 0,9  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , mas apesar disso a saturação por alumínio (m%) é superior a 60% (Tabela 1). Apresenta argila de atividade baixa e baixa saturação por bases ao longo de todo perfil, sendo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico.

No perfil AG 05, com características bastante similares em todo perfil, observa-se o predomínio de caulinita na fração argila (picos intensos de 7,2 e 3,6 Å), com presença de picos de baixa intensidade característicos de argilominerais 2:1, tanto nas amostras saturadas com K e Mg na temperatura ambiente como nas saturadas com K e aquecidas (Figura 3). Na amostra de argila saturada com K observa-se uma

leve “saia” em direção a 14 Å; quando saturada com Mg e impregnada com etileno glicol, não ocorre expansão além de 14 Å, o que sugere presença de illita, com alguma vermiculita com polímeros dehidroxi-Al entrecamadas. Picos em torno de 4,85 e 3,33 Å indicam, respectivamente, a presença de pequenas quantidades de gibbsita e quartzo.

A razão entre as áreas dos picos de argilominerais 2:1 e de 2:1 + 1:1 situou-se em torno de 2,6% (Tabela 1). Os minerais presentes neste solo são, portanto compatíveis com os baixos valores de CTC estimada para a fração argila (Tabela 2).

Considerando aspectos qualitativos e quantitativos da composição mineralógica dos perfis desenvolvidos de granito, sugere-se o seguinte modelo de evolução mineralógica: os minerais primários facilmente intemperizáveis presentes no granito (feldspatos e anfibólios) bem como parte das micas, alteraram-se por hidrólise transformando-se em caulinita, via processo de monossilatização (MELFI e PEDRO,1977). Parte das micas transformaram-se

em illitas e outra parte em vermiculitas ou interstratificados illita-vermiculita, que no ambiente lixiviante e ácido sofreram intercalação com polímeros de hidróxi-Al nas entrecamadas.

Devido a topografia forte ondulada onde ocorre o perfil AG 03, um Neossolo, os processos erosivos devem ter sido intensos, favorecendo a formação de solo mais raso. O granito subjacente a esse perfil apresenta textura fanerítica grosseira. No ambiente atual, os minerais do granito alteraram-se formando um saprólito espesso, mantendo alta quantidade de grãos grandes de quartzo que compõem as frações cascalho e calhaus. No Cambissolo (AG 04) e no Neossolo (AG 03), a participação de argilominerais 2:1 é bastante expressiva, o que é coerente com o menor grau de desenvolvimento destes solos. A menor quantidade destes no Argissolo (AG 05) confirma o maior grau de alteração dos constituintes primários sofrido por esse solo.

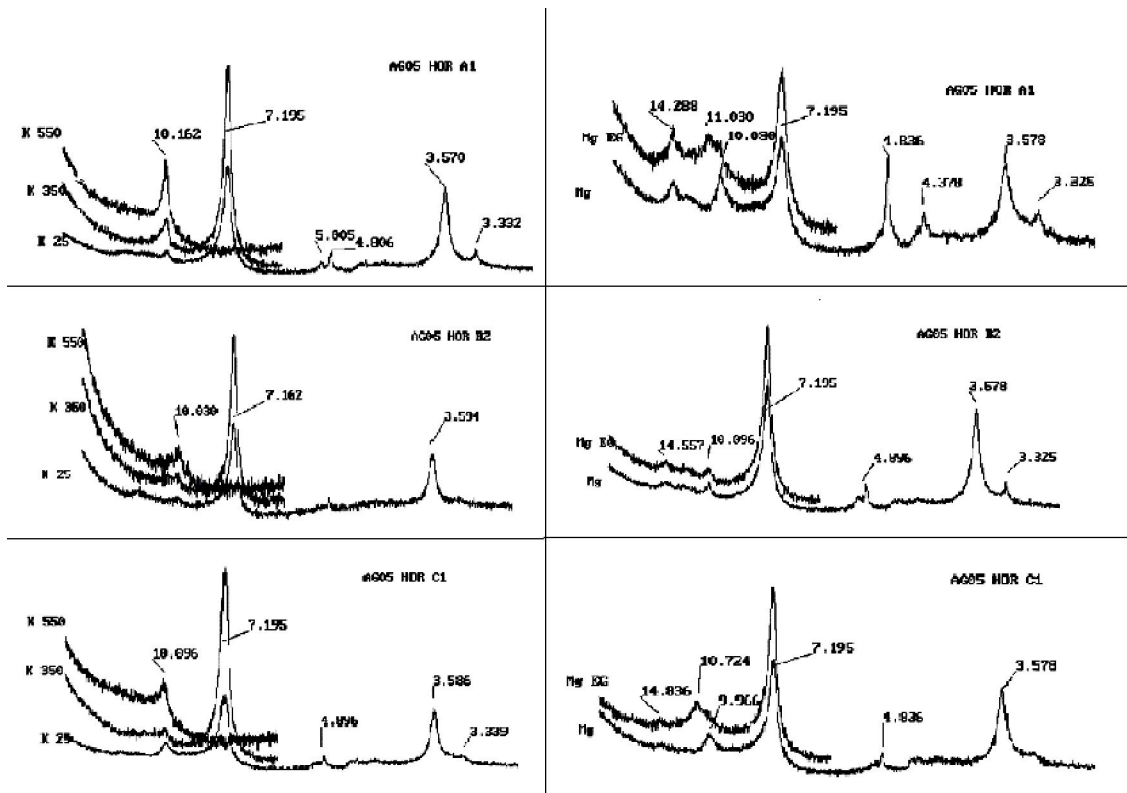


Figura 3 - Difratoogramas da fração argila orientada dos horizontes A, B2 e C1 do perfil AG 05, saturadas com potássio e analisadas à temperatura ambiente (K25), aquecidas a 350 (K350) e a 550 °C (K550), e analisadas após saturação com magnésio (Mg) e saturação com magnésio e impregnação com vapor de etileno glicol (Mg EG). Espaçamentos em ângstrom (Å).

### Perfil AG 06 –Içara.

Descrito às margens da rodovia secundária que liga Cocal a Criciúma, o perfil AG 06 é desenvolvido de siltitos, com intercalação de arenitos, relacionados à formação Rio Bonito (DNPM, 1987). É um solo profundo, com espessura do “solum” de 200cm. O horizonte diagnóstico A é do tipo moderado, com espessura de 33 cm. O horizonte B apresenta textura argilosa e a relação textural B/A é alta (r.t.=2,02), com estrutura variando de moderada a forte, e com cerosidade descrita como forte e comum e forte e abundante. Apresenta horizontes AB e BA com cores nitidamente mais escuras que o horizonte A sobrejacente, com expressiva presença de revestimentos de origem orgânica nos horizontes transicionais e no B, cuja quantidade decresce em profundidade. A cor dominante no horizonte B é vermelha, nos matizes 2.5 YR e 10 R.

A reação é ácida nos horizontes A e B, com pH variando de 4,4 a 6,3. O conteúdo de bases é muito baixo, com exceção do horizonte superficial, que parece ter sofrido prévia calagem e por isso possui soma de bases destoante do restante do perfil (5,18 cmolc kg<sup>-1</sup>). Os demais horizontes possuem soma de bases (S) inferior a 1 cmolc kg<sup>-1</sup>. Os teores de alumínio trocável são em torno de 1,3 cmolc kg<sup>-1</sup>, com saturação por alumínio (m%) superior a 50% (Tabela 1). Apresenta argila de atividade baixa e baixa saturação por bases ao longo de todo perfil, sendo classificado como um Argissolo Vermelho Distrófico. Devido à presença de horizontes transicionais AB e BA mais escuros que os horizontes sub e sobrejacentes, com feições similares ao horizonte sômbrico previsto na Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 2003), sugere-se a criação do subgrupo sômbrico no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), para permitir o adequado enquadramento deste solo no referido sistema.

O perfil AG06 apresenta caulinita como argilomineral dominante, seguido de picos secundários característicos de argilominerais 2:1. Ocorrem diferenças quantitativas importantes na proporção e tipo de argilominerais 2:1 entre os horizontes superficiais a subsuperficiais. No Cr, por exemplo (Figura 4) praticamente a totalidade dos 2:1 é do grupo das micas ou ilitas (picos a 10Å), havendo

assimetria destes picos em direção a 14 Å, que algumas camadas estão parcialmente alteradas, pela perda de K. Já nos horizontes A e B2, tanto nas amostras saturadas com K como nas de Mg, analisadas à temperatura ambiente, praticamente não se constata mais os picos de 10 Å (Figura 4), somente picos de 14 Å, indicando que as micas, nos horizontes mais superficiais, provavelmente perderam o K das entrecamadas, transformando-se em vermiculitas. Entretanto, nos tratamentos de aquecimento das amostras de K, observa-se que as amostras sofreram contração a 10 Å, mantendo ainda forte assimetria, praticamente formando um patamar, entre 10 e 14 Å. Por outro lado, na amostra de Mg impregnada com etileno glicol não se observou modificação do reflexo de 14 Å, tanto no horizonte A como no B2, o que indica tratar-se de vermiculita com forte intercalação de polímeros de hidróxi-Al entrecamadas. Picos em torno de 4,8 Å também são observados, indicando pequenas quantidades de gibbsita, notadamente nos horizontes mais superficiais

A razão entre áreas dos picos de argilominerais 2:1 e de 2:1 + 1:1 variou de 3 (Bt2) a 40% (Cr) (Tabela 1).

Sugere-se o seguinte modelo de evolução mineralógica para este solo: parte das caulinitas deve ter sido herdada do material de origem, um silito; parte das micas, presentes no material de origem podem ter sofrido alteração por hidrólise, transformando-se em caulinita, e parte transformou-se em vermiculitas com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas, cuja quantidade aumenta do horizonte Bt3 para o topo do perfil.

### Perfil AG 07 – Lauro Müller

Descrito às margens da SC 438, no trecho entre Orleans e Lauro Müller, o perfil AG 07 é desenvolvido de arenitos, relacionados à formação Rio Bonito (DNPM, 1987), sendo um solo profundo, cuja espessura do “solum” é de 155 cm. O horizonte diagnóstico A é do tipo moderado; a espessura dos horizontes A+AB é de 25 cm. O horizonte B apresenta textura argilosa e a relação textural B/A é alta (1,72), com estrutura variando de fraca a moderada, e com cerosidade descrita como fraca e pouca até fraca e comum. A cor dominante no horizonte B é vermelho-amarelada, nos matizes 7.5

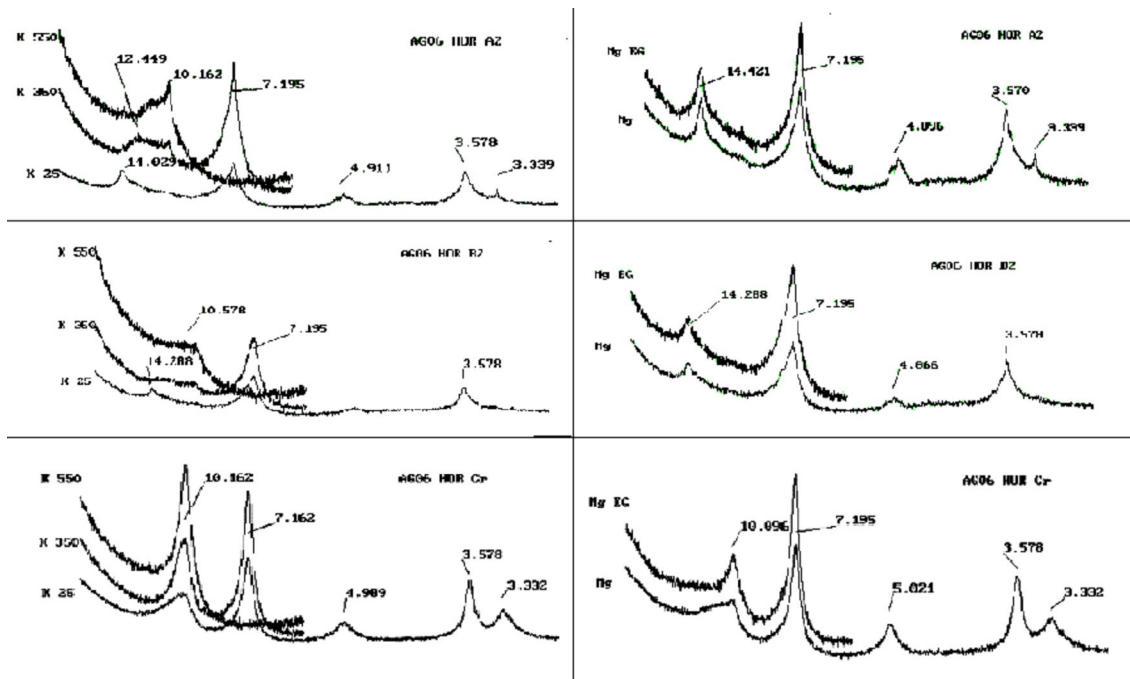


Figura 4 - Difratogramas da fração argila orientada dos horizontes A2, B2 e Cr do perfil AG 06, saturadas com potássio e analisadas à temperatura ambiente (K25), aquecidas a 350 (K350) e a 550 °C (K550), e analisadas após saturação com magnésio (Mg) e saturação com magnésio e impregnação com vapor de etileno glicol (Mg EG). Espaçamentos em ângstrom (Å).

YR e 5 YR. A reação é ácida nos horizontes A e B, com pH variando de 4,45 a 4,9. A soma de bases é muito baixa, inferior a  $1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  em todo o perfil. Os teores de alumínio trocável variam de 0,3 a  $1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , com saturação por alumínio (m%) superior a 50% (Tabela 1). Apresenta argila de atividade baixa e baixa saturação por bases ao longo de todo perfil, sendo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico latossólico.

O perfil AG 07 apresenta como argilomineral dominante a caulinita (picos intensos de 7,2 e 3,6 Å), e illita (pico em torno de 10 Å), o que é constatado tanto nas amostras saturadas com K e Mg submetidas à temperatura ambiente como nas saturadas com K e aquecidas (Figura 5). O pico do argilomineral dominante é largo com assimetria em sua base em direção a 10 Å, indicando caulinita de pequenas dimensões e de baixa cristalinidade.

No horizonte Cr, os picos de 14 Å nas amostras com K e Mg a temperatura ambiente são pequenos indicando baixa quantidade de argilominerais expansíveis. A quantidade destes aumenta ligeiramente no B2, mas volta a cair no horizonte A. Quando a amostra do horizonte A é saturada com K e aquecida

a 350 °C ocorre contração das camadas praticamente a 10 Å, demonstrando baixa intercalação com polímeros. Quando saturada com Mg ocorre um leve reflexo a 14 Å, indicando que a maioria dos argilominerais presentes na amostra não são expansíveis, no caso illita. No horizonte B2 também ocorre contração dos picos de argilominerais 2:1 em 10 Å, mas quando saturado com Mg e saturado com Mg e impregnado com etileno glicol o material demonstra maior expansividade, formando uma área em 14 Å maior que a área de 10 Å e isso se repete nos horizontes B2 e A, o que sugere que parte das illitas tenha se transformado em vermiculitas nos horizontes superiores devido o ambiente mais ácido e lixiviante.

A razão entre as áreas dos picos de argilominerais 2:1 e de argilominerais 2:1 + 1:1 situa-se em torno de 16 % (Tabela 1), o que está de acordo com os maiores valores de CTC estimados para a fração argila deste solo (Tabela 2).

Tratando-se de um substrato constituído de arenito com intercalação de siltitos, onde as análises mineralógicas da fração silte revelaram virtual ausência de minerais primários alteráveis exceto micas, sugere-

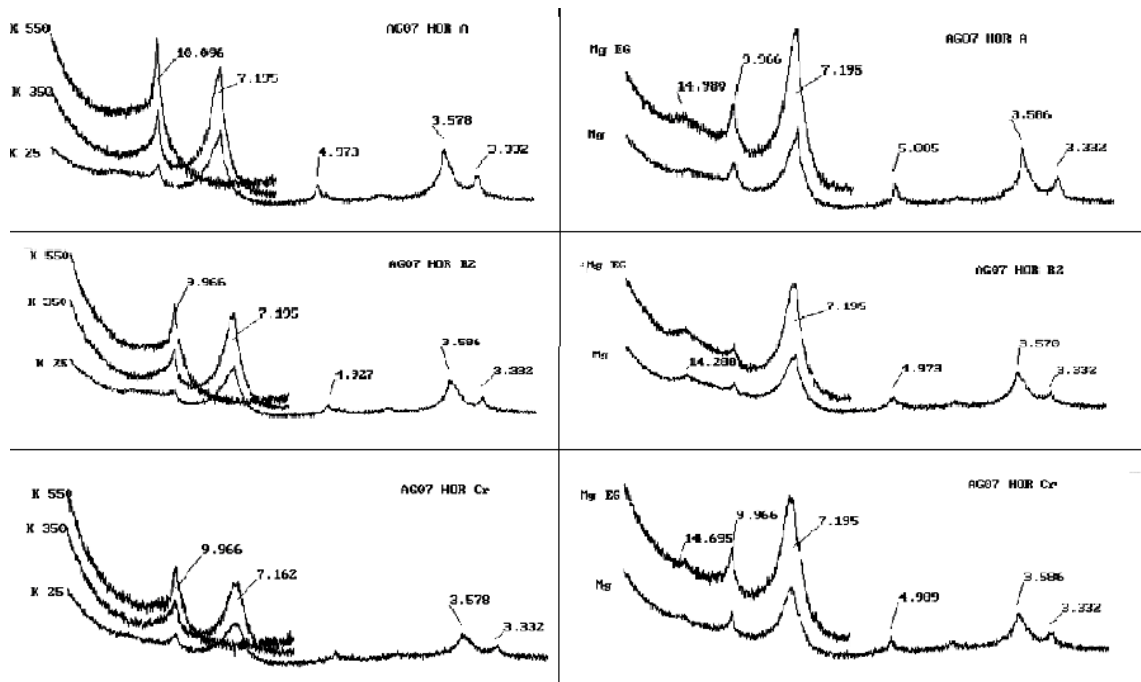


Figura 5 - Difratomogramas da fração argila orientada dos horizontes A, B2 e Cr do perfil AG 07, saturadas com potássio e analisadas à temperatura ambiente (K25), aquecidas a 350 (K350) e a 550 °C (K550), e analisadas após saturação com magnésio (Mg) e saturação com magnésio e impregnação com vapor de etileno glicol (Mg EG). Espaçamentos em ângstrom (Å).

se o seguinte modelo de evolução mineralógica para este solo: grande parte da caulinita pode ter sido herdada do material de origem. Parte das micas pode ter sido alterada, por hidrólise, transformando-se em caulinita neoformada, e pequena parte, por perda de K, transformou-se em illitas e vermiculita, com pequena intercalação de polímeros de hidróxi-Al entrecamadas, notadamente no horizonte B2 do solo.

As análises mineralógicas da fração silte dos perfis analisados (dados não mostrados), indicaram muito baixa ou virtual ausência de minerais alteráveis, composta de micas e feldspatos nos perfis derivados de gnaisses, migmatitos e granito (perfis AG 01, 02, 03, 04 e 05), sendo esta fração dominada por quartzo. Nos perfis desenvolvidos de arenitos e siltitos, além do quartzo, absolutamente dominante no silte, apenas pequenas quantidades de micas foram constatadas como minerais primários, indicando que o material de origem dos solos foi submetido a intenso grau de intemperização, restando muito pouco ou nada de reserva mineral nos solos.

O predomínio de caulinita na fração argila, associada à baixa quantidade de gibbsita, mas ao

mesmo tempo a presença expressiva de vermiculitas com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas nos solos estudados, sugere que os Argissolos e Latossolos do Sul de Santa Catarina evoluíram em condições de intemperismo diferentes das que formaram solos semelhantes na porção mais tropical do país, tais como as relatadas por Moniz et al. (1990), Duarte et al. (1996) e Lacerda et al. (2001). Além do ambiente lixiviante não ter sido suficientemente severo a ponto de favorecer processos de alitização, dada a pequena ocorrência de gibbsita na maioria dos solos, a presença de argilominerais 2:1 com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas parece indicar maior ação de processos de acidólise parcial, segundo o modelo proposto por Melfi e Pedro (1977). Este comportamento pode ser atribuído ao efeito “anti-gibbsítico” proposto por Jackson (1965), onde grande parte do alumínio pode ter sido imobilizada nas entrecamadas de vermiculitas.

## CONTRIBUIÇÃO DO CARBONO E DA FRAÇÃO ARGILA PARA A CTC DOS SOLOS

Observa-se que a CTC da fração argila dos solos é baixa, sendo geralmente inferior a  $10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  argila, independentemente do método utilizado para o seu cálculo, caracterizando solos com argila de atividade muito baixa (Tabela 2).

O cálculo da CTC da fração argila obtido segundo a fórmula utilizada para fins de classificação taxonômica dos solos (EMBRAPA, 1999) foi ligeiramente mais alto do que o proposto por Bennema (1966) para a maioria dos solos, exceto para o perfil AG 07, que foi mais baixo. Isto se deve ao fato de que o método usado pela Embrapa (1999) não considera a contribuição do carbono na CTC da argila dos solos, superestimando os seus valores para aqueles solos que ainda têm quantidades significativas de carbono em subsuperfície. Por outro lado, quando se adota a fórmula para o cálculo da atividade da argila utilizada antes da adoção do Sistema Brasileiro de Classificação, que preconiza descontar  $4,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  para cada 1% de carbono nos horizontes do solo, os resultados obtidos são sensivelmente inferiores ao método de Bennema (1966). Isto decorre do fato que a contribuição do carbono para a CTC dos solos varia conforme o tipo, ou classe de solo, conforme pode ser observado pelos valores da contribuição média do carbono pelo método de Bennema (1966), os quais variaram de 1,62 a  $2,57 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  para cada incremento de 1 ponto percentual de carbono (Tabela 2). Esses valores são, em média, 50% mais baixos do que o usado na fórmula ( $4,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), o que se deve, possivelmente, a menor persistência dos compostos húmicos em solos de textura mais grosseira ou com baixo teor de óxidos de ferro e alumínio, tais como os estudados. Há que se considerar, entretanto, que o cálculo da contribuição do carbono e da fração argila na CTC foi proposto originalmente por Bennema (1966) para Latossolos, os quais se caracterizam por serem solos com baixo gradiente textural, não sendo comumente aplicado a solos com relação textural mais alta, como alguns dos estudados.

Considerando que os componentes coloidais são os que efetivamente contribuem para a formação

das cargas negativas e, portanto, para a CTC a pH7 do solo, e assumindo que a melhor estimativa da contribuição da fração argila para a CTC de solos bastante intemperizados, seja a proposta por Bennema (1966), os valores encontrados são compatíveis com a mineralogia da fração argila constatada nas análises de DRX.

## CONCLUSÕES

Todos os perfis apresentaram reação ácida, baixos teores de carbono orgânico e baixos valores de soma e saturação por bases, indicando tratar-se de solos bastante lixiviados e intemperizados.

A composição mineralógica da fração argila dos solos estudados foi bastante similar entre os perfis, com predomínio de caulinita, seguida de proporções variáveis de illita, vermiculita com hidroxil-Al entrecamadas e interstratificados illita-vermiculita.

Apesar da proporção expressiva de argilominerais 2:1 em vários solos, a CTC da fração argila dos solos foi baixa, provavelmente porque a maioria dos referidos argilominerais apresentam forte intercalação com polímeros de hidroxil-Al entrecamadas, que reduziram a CTC dos mesmos.

A estimativa da CTC da fração argila, determinada pelo método gráfico de Bennema (1966), indicou baixos valores deste atributo para a maioria dos solos, sendo seus valores ligeiramente menores do que o método utilizado para determinação da atividade da argila para fins de classificação dos solos brasileiros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. A.; KÄMPF, N.; ALMEIDA, R. Caracterização mineralógica de Cambissolos originados de rochas pelíticas nos patamares do alto rio Itajaí e no planalto de Lages. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p. 181-190, 1997.
- ALMEIDA, J. A. ; TÓRRENT, J. ; BARRÓN, V. Cor, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em LATOSSOLOS desenvolvidos de basalto do extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p. 985-1002, 2003.
- BARNHISEL, R.I.; BERTSCH, P.M. Chlorites and hydroxy-interlayered vermiculite and smectite. In:

- DIXON, J.B.; WEED, S.B. **Minerals in soil environments**. Wisconsin: Soil Science Society of America, 1989. p.729-788. SSSA Book Series, 1.
- BENNEMA, J. The calculation of CEC for 100 grams clay (CEC 100) with correction for organic carbon. In : \_\_\_\_\_. **Report to the government of Brazil on classification of brazilian soils**. Rome : FAO, 1966. 83 p. FAO. EPTA, 2197.
- BOGNOLA, I.A. **Caracterização química, física e mineralógica de solos intermediários entre latossolos brunos e latossolos roxos**. 1995. 205 p. Dissertação (Mestrado) UFV, Viçosa, 1995.
- BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: BRINDLEY, G.W. ; BROWN, G. (Ed.) **Cristal structures of clay minerals and their X ray identification**. London: Mineralogical Society, 1980. p. 305-360.
- CORRÊA, J. **Mineralogia e gênese das principais classes de solos de encostas basálticas do estado de Santa Catarina**, 2003. 141 p. Dissertação (Mestrado) CAV/UFES, Lages, 2003.
- DNPM. Departamento Nacional da Produção Mineral. Mapa geológico do estado de Santa Catarina, escala 1:500.000. Florianópolis, Coord. de Recursos Minerais da Secretaria de Ciência e Tecnologia, Minas e Energia. 1987. 216p. (Série textos básicos de geologia e recursos naturais de Santa Catarina, 1)
- DUARTE, M.N.; RAMOS, D.P.; LIMA, P.C. Caracterização e gênese de solos desenvolvidos de cobertura quaternária sobre embasamento cristalino, na baixada litorânea do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.291-304, 1996.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília : EMBRAPA/ Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos dos solos do estado de Santa Catarina para avaliar a necessidade de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, p.143-150, 1986.
- JACKSON, M. L. Clay transformation in soil genesis during the Quaternary. **Soil Science**, New York, v. 99, p.15-22, 1965.
- LACERDA, M.P.C.; ANDRADE, H. & QUÉMÉNEUR, J.J.G. Transformações mineralógicas ao longo de perfis de alteração pedogenética na região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.799-809, 2001.
- LEMONS, R.C. ; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta do solo no campo**. 4. ed. Viçosa : SBCS/ CNPS, 2002.
- LEVANTAMENTO de reconhecimento de solos do Estado de Santa Catarina (1ª Parte). **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.2, p.11-248, 1972.
- MELFI, A. J. ; PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte 1 : Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 7, p. 271-286, 1977.
- MONIZ, A.C. Decomposição de rochas e formação de minerais de argila. In: MONIZ, A.C. (ed.). **Elementos de Pedologia**. São Paulo: Ed. USP, 1975. Cap. 25, p. 305-323.
- MONIZ, A.C.; GRANDE, M.A.; OLIVEIRA, V. Solos do trecho Cabo Frio-Xerém, Rio de Janeiro: influência de regimes pluviais e de material de origem na pedogênese. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p.205-214, 1990.
- PEREZ, D.V. et al. Propriedades eletroquímicas de horizontes B texturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.157-164, 1993.
- SANTA CATARINA. **Atlas de Santa Catarina**. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 176p.
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**. 9 ed. [S.l.] : United States Department of Agriculture, 2003. 332p.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo plantas e outros materiais**. Porto Alegre : UFRGS, 1995. 174 p.
- VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F. Relações material de origem/solo e pedogênese em uma seqüência de solos predominantemente argilosos e latossolos sobre psamitos na Depressão Periférica Paulista. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.357-369, 1999.

WHITTIG, L. D.; ALLARDICE, W. R. **X-ray diffraction techniques.** In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis.** Part 1. Physical and mineralogical methods. 2. ed. Madison: SSSA, 1986. p. 331-362.