






Atributos químicos, físicos e mineralógicos de solos derivados de rochas sedimentares do Planalto de Lages-SC, Brasil

Jaime Antonio de Almeida¹, Tamara Pirez da Silva¹, Gabriel Octávio de Mello Cunha¹,
Diou Roger Spido¹, Fagner Taiano dos Santos Silva¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Departamento de Solos e Recursos Naturais, Conta Dinheiro, Lages, SC, Brasil. E-mail: jaime.almeida@udesc.br; tamarapirez@gmail.com; gabriel.cunha4@gmail.com; diouspido@gmail.com; ftssilva.ufrb@gmail.com

RESUMO: No Planalto Sul Catarinense, correspondendo a região de Lages e municípios no seu entorno, existem poucas informações detalhadas sobre solos desenvolvidos das rochas sedimentares gonduânicas, os quais dominam em grande parte desses municípios. O estudo objetivou caracterizar física, química e mineralogicamente cinco solos desenvolvidos de rochas sedimentares da região de Lages-SC, derivados de diferentes formações geológicas, bem como relacionar a mineralogia da fração argila com os atributos químicos desses solos. Para isso, foram descritas e coletadas amostras de horizontes e camadas de cinco perfis de solos, sendo quatro Cambissolos e um Neossolo. Análises químicas, físicas e mineralógicas de cada perfil de solo foram realizadas. A mineralogia da fração argila foi similar entre os solos, composta de caulinita, argilominerais de camada 2:1, com ou sem polímeros de hidróxi-Al entrecamadas e micas e, ou illitas, com predomínio dos primeiros em três dos cinco solos (perfis 2,3 e 4). A composição mineralógica se mostrou relacionada com a acidez e as principais propriedades químicas dos solos. Todos os solos estudados são muito ácidos, com baixas somas e saturação por bases, elevados teores de carbono orgânico total, de Al trocável e de saturação por Al. Os teores de argila foram mais elevados nos solos derivados de folhelhos (Formações Palermo e Teresina) em relação aos demais.

Palavras-chave: formações geológicas; intemperismo; mineralogia de argilas

Chemical, physical and mineralogical attributes of soils derived from sedimentary rocks of the Planalto of Lages-SC, Brazil

ABSTRACT: In the Southern Plateau of Santa Catarina state, Brazil, corresponding to the Lages region and surrounding municipalities, there is little detailed information on developed soils of gonduan sedimentary rocks, which dominate in most of these municipalities. The study aimed to characterize the physical, chemical and mineralogical properties of five soils developed from sedimentary rocks of the Lages-SC region, derived from different geological formations, as well as to relate the mineralogy of the clay fraction with the chemical attributes of these soils. For this, samples of horizons and layers of five soil profiles were described and collected, being four Cambissolos (Umbrisols and Cambisols) and one Neossolo (Regosols). Chemical, physical and mineralogical analyzes of each soil profile were performed. The mineralogy of the clay fraction, besides indicating the predominance of 2:1 clay minerals associated or not with hydroxy-Al polymers interlayered in three of the five soils (profiles 2, 3 and 4), was also related to the acidity and the main chemical properties of soils. All the studied soils are very acidic, with low sums and base saturation, high contents of total organic carbon, Al exchangeable and Al saturation. Clay contents were higher in soils derived from shales (Palermo and Teresina Formations) in relation to the others.

Key words: geological formations; weathering; clay mineralogy

Introdução

Devido as condições de clima úmido, grande parte dos solos do Estado de Santa Catarina (SC) sofreram forte intemperismo, resultando em intensa lixiviação de bases, o que culminou com a formação de solos ácidos e com elevados teores de alumínio trocável (Briguenti et al., 2012; Ferreira, 2013). Dependendo da região, do material originário dos solos, da sua posição no relevo e idade, no entanto, podem ocorrer variações significativas na fertilidade química dos mesmos, bem como variações na expressão dos seus componentes mineralógicos (Almeida et al., 2018a). Nesse contexto, destaca-se a importância de se conhecer pormenorizadamente as características físicas, químicas e mineralógicas dos solos, visando garantir práticas agrícolas sustentáveis.

Na região de Lages e imediações, existem poucas informações sobre solos desenvolvidos a partir de rochas sedimentares, os quais são provenientes de diversas formações geológicas.

As informações sobre os solos do Estado, disponíveis em relatórios de levantamento de solos (Santa Catarina, 1986; Potter et al., 2004), se limitam a apresentar resultados de análises químicas e físicas de caracterização de perfis representativos das principais classes que ocorrem no Estado. Os dados sobre a composição mineralógica se restringem a informações disponibilizadas em dissertações e em estudos científicos, para solos desenvolvidos de basalto do Oeste (Almeida et al., 2003; Ferreira, 2013; Almeida et al., 2018a), bem como estudos desenvolvidos por Santos et al. (2015), por Almeida et al. (1997) sobre as rochas sedimentares do Planalto de Lages e Alto Vale do Itajaí e por Rossi et al. (2000) que realizaram um estudo pontual de caracterização de um Latossolo Vermelho Húmico da região de Canoinhas.

As rochas sedimentares da Bacia do Paraná ocupam aproximadamente 25% do território catarinense, abrangendo desde a formação Furnas, do período Devoniano, até a formação Botucatu, do Jurássico. As variações litológicas abrangem desde arcóseos, varvitos, folhelhos (carbonosos ou não), argilitos, siltitos e arenitos (CPRM, 2014). Devido à pouca informação sobre os solos da região, é importante conhecer as principais tipologias desses solos quanto aos aspectos físicos, químicos e mineralógicos em função das diferentes litologias sedimentares dos quais são derivados.

O conhecimento detalhado dessas características nas diferentes camadas e horizontes que compõe cada perfil de solo, incluindo os componentes presentes na rocha matriz, permite que seja possível entender como ocorreu a evolução de cada solo no ambiente subtropical da região estudada. Pressupondo que cada formação geológica possui distinta composição química, granulométrica e mineralógica, a hipótese central é de que estas diferenças resultem na formação de solos distintos quanto a sua composição básica. Duas hipóteses centrais são aventadas: a) a mineralogia da fração argila do solo foi herdada da rocha matriz e b) a mineralogia da fração argila difere daquela presente na rocha,

sendo resultante da destruição parcial ou completa dos componentes originais, pelas reações de intemperismo.

Espera-se que o estudo possa contribuir para um melhor entendimento da origem dos elevados teores de alumínio, forte acidez ativa e dos baixíssimos níveis de cálcio e magnésio ocorrentes nesses solos (Almeida et al., 2018a), de modo a fornecerem subsídios para a escolha de melhores opções de uso e manejo sustentável destes solos.

Considerando o exposto o estudo objetivou caracterizar física e quimicamente, bem como aprofundar o conhecimento da mineralogia de cinco perfis de solos desenvolvidos de rochas sedimentares da região de Lages-SC, derivados de diferentes formações geológicas. Além disso, relacionar a composição mineral da fração argila com os atributos químicos dos solos.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido com amostras de cinco perfis completos de solos formados pela alteração de rochas sedimentares do Planalto de Lages, Santa Catarina (Figura 1). Os perfis selecionados são desenvolvidos de formações geológicas distintas, dos quais quatro são originados do intemperismo de rochas sedimentares pelíticas do período Permiano (formação Rio do Rastro: Cambissolo Húmico Alumínico típico (posição na paisagem: terço médio); formação Serra Alta: Neossolo Regolítico Húmico típico (terço médio); formação Palermo: Cambissolo Húmico Ta Alumínico típico (terço superior) e formação Teresina; Cambissolo Húmico Ta Alumínico típico (terço superior) e um de arenitos do período Triássico, da formação Botucatu: Cambissolo Háplico Distrófico típico (terço médio).

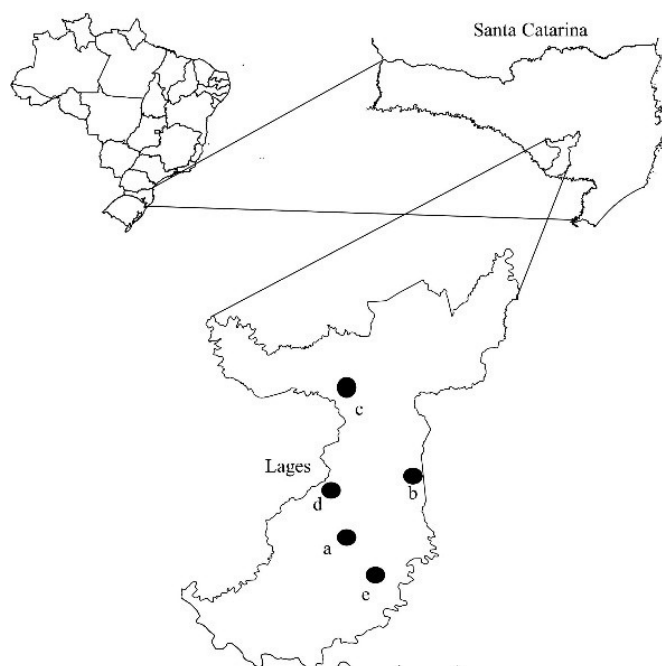


Figura 1. Mapa da localização da área e dos cinco perfis de solos estudados. O ponto a) representa formação geológica Rio do Rastro; o b) Serra Alta; o c) Palermo o; d) Teresina e o; e) Botucatu.

Após a seleção, foram abertos os perfis em barrancos de estradas e, em seguida, foram realizadas a descrição morfológica e, segundo Embrapa (2018), a classificação taxonômica dos solos.

As amostras dos solos foram coletadas desde o horizonte superficial (A) até a rocha (R), como descrito em Santos et al. (2005). Após as coletas, as amostras foram destorroadas, secas a 60-70 °C em estufa de circulação forçada durante 48 h, moídas e passadas em peneiras com malha de 2mm para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Posteriormente, foram realizadas as análises químicas, físicas e mineralógicas.

Na TFSA foi determinado o pH em água e em KCl 1 mol L⁻¹ por potenciometria, na relação solo:solução de 1:1. O Ca²⁺, o Mg²⁺ e o Al³⁺ trocáveis foram extraídos com a solução de KCl 1 mol L⁻¹. Os dois primeiros foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica e o último, em 25 mL do extrato, por titulometria de neutralização, utilizando-se NaOH 0,02 mol L⁻¹ em presença de fenolftaleína. O H+Al foi determinado por titulometria de neutralização após a extração com acetato de cálcio a pH 7,0. O K⁺ e o Na⁺ foram extraídos pela solução de acetato de amônio e quantificados por fotometria de chama. Todos os procedimentos supracitados foram realizados conforme Embrapa (2011). A partir desses resultados, foram calculados a soma e saturação por bases, a saturação por Al, a CTC efetiva, CTC a pH7 e a atividade da argila. O carbono orgânico total (COT) foi obtido pelo Total Carbon Analyzer (TOC).

Os conteúdos de argila, silte e areia foram obtidos após a agitação e dispersão da TFSA dos solos com NaOH 1 mol L⁻¹. Em resumo, pesou-se 50 g de TFSA em snap-cap, adicionando-se 75 mL de água destilada e 5 mL de NaOH 1 mol L⁻¹ e duas esferas de nylon, com cerca de 10 mm de diâmetro cada. Após agitação manual, para homogeneização do material, as amostras ficaram uma noite em repouso (16 h). Em seguida, foram dispersas mecanicamente em um agitador horizontal a 120 rpm por 4 h (Cunha et al., 2014a). A fração areia total foi separada por peneiramento em malha 0,053 mm e quantificada por pesagem. A argila foi quantificada pelo método de Bouyoucus e o silte por diferença.

Para as análises mineralógicas, amostras da fração argila de quatro horizontes e, ou camadas de cada perfil foram selecionadas, incluindo a rocha (R) ou saprólito (Cr ou RCr). A fração argila foi separada do silte com base na lei de Stokes, por meio de sifonamento da argila. A cada retirada (total de seis), a solução foi ressuspensa e completou-se o volume para 1 L, com adição de NaOH até o pH da suspensão atingir 9,0. A cada 10 h foram realizadas novas retiradas da fração argila até que restasse somente o silte no fundo do recipiente. Maiores detalhes dessas análises podem ser verificados em Cunha et al. (2014b).

Depois do procedimento acima descrito, a fração argila de cada solo foi armazenada na forma de suspensão floculada. Em seguida, parte das amostras da argila (2g) foi submetida à saturação com K⁺, com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e outra parte (2g) foi saturada com Mg²⁺ com solução de MgCl₂ 1 mol L⁻¹ (Fabris et al., 2009). As amostras saturadas com essas

soluções foram colocadas em sacos de diálise e dispostas em uma bandeja plástica, onde foi adicionada água destilada (AD) (com a condutividade elétrica (CE) previamente medida) até que as amostras ficassem totalmente submersas. A troca da AD foi realizada a cada 3 h até que a AD atingisse a CE da AD inicialmente medida.

Em seguida, foram preparadas lâminas de argila orientada para análise em difratômetro de raios X Philips, modelo PW 3710, dotado tubo de cobre, ângulo de compensação $\theta/2\theta$ e monocromador de grafite, com variação angular de 3,2 a 42°2 θ . A velocidade angular foi de 0,02° 2 θ /s, em modo por passos (*step*), com tempo de 1 (um) segundo de leitura por passo. Os difratogramas foram confeccionados utilizando o programa HighScore Plus (Panalytical, versão 3.0). As amostras foram lidas nas seguintes condições: saturadas com magnésio (Mg) e lidas na temperatura ambiente (Mg) e após adição de etileno glicol (Mg+EG); saturadas com potássio e lidas à temperatura ambiente (K25), e após aquecimento nas temperaturas de 100 (K100), 350 (K350) e 550 °C (K550).

A identificação dos minerais foi feita com base no espaço interplanar (d) e no comportamento dos reflexos de difração conforme Jackson (1965), Brindley & Brown (1980), Whittig & Allardice (1986) e literatura específica no texto.

Resultados e Discussão

Características químicas e físicas dos solos estudados

Os solos utilizados neste estudo, independentemente da formação geológica e dos horizontes coletados, são muito ácidos e com baixa fertilidade natural, identificados pelos baixos valores de pH em água e em KCl 1 mol L⁻¹, elevados teores de Al³⁺, de H+Al, de saturação por alumínio e pelos baixos teores de cátions básicos (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺) tendo, como consequência, baixas soma e saturação por bases (Tabela 1).

Mesmo havendo variação dos valores do pH em água, verifica-se que os mesmos aumentaram (0,64 unidades de pH no perfil 1; 0,22-0,36 no perfil 2; 0,34 nos perfis 3 e 5 e 0,28 no perfil 4) do horizonte superficial em direção à rocha. Os valores de pH com a solução não tamponada de KCl 1 mol L⁻¹, ao contrário tiveram pequena variação em profundidade, sendo todos mais baixos do que os medidos em água (Tabela 1). No entanto, mesmo com o pequeno aumento do pH em água em profundidade, os teores de Al³⁺ foram muito elevados (acima de 4 cmol_c kg⁻¹), notadamente nos horizontes subsuperficiais para a maioria dos solos. Exceção ocorreu no horizonte R do perfil 3 (Palermo) e em todos horizontes no perfil 5 (Botucatu).

Os teores de H+Al dos solos foram maiores nos horizontes superficiais, independentemente do perfil analisado, relacionados aos maiores conteúdos de carbono nos mesmos. Os teores de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺ diminuíram em profundidade em todos os perfis avaliados, refletindo diretamente nos baixos valores da soma e saturação por bases. A alta CTC a pH7 (T), principalmente nos horizontes superficiais, pode ser explicada pelos elevados teores de COT (Tabela 1), os quais contribuíram para a elevada acidez potencial dos mesmos.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos dos solos coletados em diferentes formações geológicas.

H. ⁽¹⁾	Prof. ⁽²⁾ (cm)	Arg. ⁽³⁾	Silt. ⁽⁴⁾	Ar. ⁽⁵⁾	COT ⁽⁶⁾	pH		Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S ⁽⁷⁾	T ⁽⁸⁾	t ⁽⁹⁾	AA ⁽¹⁰⁾	V ⁽¹¹⁾	m ⁽¹²⁾
						Água	KCl												
						(g kg ⁻¹)													
Perfil 1 - Formação Rio do Rastro – Cambissolo Húmico Alumínico típico (Umbrisols)																			
A1	0-17	320	249	431	35,3	4,81	3,67	3,94	10,62	0,52	0,30	0,31	0,45	1,58	12,20	5,52	38,13	13	71
A2	17-49	260	320	420	30,5	4,56	3,51	4,68	11,14	0,12	0,06	0,13	0,08	0,40	11,54	5,08	44,39	3	92
AB	49-61	440	208	352	17,4	4,69	3,66	5,12	10,06	0,08	0,04	0,11	0,16	0,38	10,44	5,50	23,73	4	93
Bi	61-92/95	500	187	313	7,59	4,88	3,65	6,23	8,80	0,05	0,06	0,10	0,14	0,35	9,15	6,58	18,30	4	95
BC	92/95-110	480	210	310	6,93	4,91	3,64	6,46	8,36	0,04	0,07	0,11	0,16	0,37	8,73	6,83	18,20	4	95
C	110-140	400	312	288	37,2	5,00	3,63	6,53	8,03	0,04	0,08	0,15	0,11	0,38	8,41	6,91	21,02	4	95
CrR	140-190+	320	669	11,3	5,24	5,45	3,54	6,57	7,89	0,18	0,19	0,28	0,34	1,00	8,89	7,56	27,79	11	87
Perfil 2 - Formação Serra Alta – Neossolo Regolítico Húmico típico (Regosols)																			
A1	0-18	460	333	207	39,6	5,10	3,74	4,76	12,77	1,77	0,38	0,27	0,14	2,56	15,33	7,32	33,33	17	65
A2	18-45	490	290	220	5,30	4,83	3,56	8,36	15,82	0,88	0,34	0,20	0,11	1,52	17,34	9,89	35,39	9	85
AC	45-55/65	540	283	177	28,6	4,78	3,65	9,78	15,81	0,56	0,31	0,17	0,04	1,08	16,89	10,85	31,27	6	90
C1	55/65-75	570	246	184	14,5	4,84	3,58	12,1	16,03	0,49	0,31	0,19	0,04	1,04	17,07	13,09	29,95	6	92
C2	75-90/105	480	225	295	11,15	4,92	3,51	12,1	14,97	0,35	0,30	0,19	0,04	0,89	15,86	12,99	33,04	6	93
RCr	90/105+	290	248	462	5,57	5,46	3,53	11,8	13,79	0,11	0,29	0,32	0,06	0,77	14,56	12,57	50,19	5	94
R		280	200	520	5,36	5,32	3,44	9,76	14,97	0,18	0,34	0,51	0,07	1,09	16,06	10,85	57,37	7	90
Perfil 3 - Formação Palermo – Cambissolo Húmico Alumínico típico (Umbrisols)																			
A1	0-14	440	456	104	35,0	4,72	3,63	7,93	16,53	1,13	0,34	0,44	0,06	1,97	18,50	9,90	42,04	11	80
A2	14-46	420	401	179	23,0	4,51	3,56	9,24	16,23	0,41	0,17	0,18	0,05	0,82	17,04	10,06	40,58	5	92
AB	46-55	580	348	72	22,4	4,70	3,58	10,4	15,49	0,36	0,13	0,18	0,06	0,74	16,23	11,17	27,98	5	93
Bi	55-66/70	600	342	58,2	8,68	4,84	3,64	11,8	15,77	0,35	0,13	0,20	0,08	0,77	16,54	12,57	27,57	5	94
BC	66/70-80/85	460	27	513	5,8	4,92	3,60	11,9	14,75	0,35	0,18	0,23	0,14	0,90	15,65	12,86	34,02	6	93
C	80/85-95/110	420	485	94	4,48	4,95	3,56	11,1	13,81	0,43	0,24	0,25	0,06	0,99	14,80	12,07	35,23	7	92
Cr	95/110+	360	633	7,4	8,31	5,06	3,48	10,3	12,40	1,91	0,38	0,49	0,09	2,87	15,27	13,18	42,42	19	78
R		130	171	699	50,3	-	-	0,21	0,10	2,06	0,39	0,27	0,09	2,82	2,92	3,02	22,46	96	7
Perfil 4 - Formação Teresina – Cambissolo Húmico Alumínico típico (Umbrisols)																			
A1	0-20	420	399	181	23,65	4,64	3,57	6,31	14,50	0,78	0,34	0,36	0,53	2,00	16,50	8,31	39,28	12	76
A2	20-58	480	366	154	11,95	4,61	3,59	6,93	14,56	0,18	0,16	0,11	0,25	0,70	15,26	7,64	31,80	5	91
AB	58-68	620	260	120	13,9	4,63	3,53	7,28	13,21	0,14	0,13	0,08	0,06	0,40	13,61	7,68	21,96	3	95
Bi	68-80/85	600	312	87,9	9,62	4,92	3,49	8,98	12,29	0,10	0,13	0,08	0,06	0,37	12,66	9,35	21,10	3	96
BC	80/85-90/98	590	373	36,9	6,39	5,02	3,50	12,1	14,33	0,09	0,15	0,48	0,14	0,85	15,18	12,91	25,73	6	93
C	90/98-106/112	610	372	17,6	7,88	4,78	3,43	14,2	16,32	0,08	0,16	0,12	0,08	0,44	16,75	14,72	27,46	3	97
Cr	106/112-135	480	507	12,7	34,00	4,72	3,45	15,1	16,42	0,06	0,15	0,13	0,05	0,39	16,81	15,47	35,03	2	97
CrR	135+	250	734	15,7	25,7	4,92	3,45	12,7	13,66	0,01	0,09	0,15	0,07	0,31	13,98	13,04	55,91	2	98
Perfil 5 - Formação Botucatu – Cambissolo Háptico Distrófico típico (Cambisols)																			
A1	0-16	290	129	581	26,05	4,73	3,84	2,20	8,77	0,51	0,32	0,11	0,07	1,02	9,79	3,22	33,75	10	68
A2	16-45	360	104	536	18,85	6,13	3,82	2,65	8,81	0,17	0,19	0,07	0,12	0,55	9,36	3,21	26,01	6	83
AB	45-58	380	90	530	16,7	4,64	3,82	2,54	7,96	0,10	0,12	0,05	0,08	0,35	8,31	2,89	21,87	4	88
BAi	58-74	370	81	549	9,16	4,63	3,80	2,47	7,64	0,08	0,10	0,05	0,08	0,30	7,95	2,77	21,48	4	89
Bi	74-110	360	96	544	4,82	4,67	3,82	2,29	6,83	0,06	0,11	0,04	0,04	0,25	7,09	2,54	19,68	4	90
BC	110-135/145	160	73	767	5,92	4,76	3,91	1,41	3,73	0,01	0,03	0,04	0,05	0,13	3,86	1,54	24,13	3	91
C	135/145-170+	130	87	783	26,05	4,75	3,92	1,42	3,54	0,01	0,03	0,04	0,06	0,14	3,68	1,55	28,30	4	91
CrR		90	48	862	18,85	5,07	4,17	1,01	1,67	0,05	0,11	0,03	0,06	0,25	1,92	1,26	21,32	13	80

⁽¹⁾ Horizontes coletados; ⁽²⁾ Profundidade; ⁽³⁾ Argila; ⁽⁴⁾ Silte; ⁽⁵⁾ Areia; ⁽⁶⁾ Carbono orgânico total; ⁽⁷⁾ Soma de bases; ⁽⁸⁾ CTC a pH7; ⁽⁹⁾ CTC efetiva; ⁽¹⁰⁾ Atividade de argila; ⁽¹¹⁾ Saturação por bases; ⁽¹²⁾ Saturação por alumínio.

Por outro lado, a CTC efetiva (t) aumentou, principalmente nos horizontes subsuperficiais (C, Cr, CrR e R) dos solos, acompanhando em geral o incremento dos teores de Al³⁺.

Cabe salientar que, em virtude dos elevados teores de Al, o perfil 1, 3 e 4 são caracterizados como alumínicos. Por outro lado, o perfil 5 apresentou baixos teores de Al (abaixo de 4 cmol_c kg⁻¹), sendo, portanto, caracterizado como distrófico. A baixa saturação por bases, indica que estes solos são muito pobres quimicamente e, principalmente, que as cargas negativas dos colóides estão adsorvendo muito H⁺ e Al³⁺ e poucos cátions trocáveis básicos.

Os teores de COT foram mais elevados principalmente nos horizontes superficiais de todos os perfis, consequência do clima frio dominante na região, favorecendo o acúmulo de

materia orgânica (MO) (Tabela 1) (Ferreira, 2013; Almeida et al., 2018b).

Em relação à atividade da fração argila, os perfis 1 e 5 apresentaram baixa atividade nos horizontes Bi. Entretanto, nos demais solos os valores foram mais elevados, com alta atividade de argila nos perfis 2 e 3 e média à alta atividade no perfil 4 (Tabela 1).

As análises físicas evidenciaram que a textura: no perfil 1, nos horizontes superficiais é arenosa, argilosa do AB ao C e siltosa no CrR; no perfil 2, argilosa A1 ao C2 e arenosa no RCr e no R; no perfil 3 argilosa do A1 ao C, siltosa no Cr e arenosa no R; no perfil 4 do horizonte A1 ao Cr variou de argilosa a muito argilosa e no CrR, siltosa; no perfil 5 é arenosa em todos os horizontes (Tabela 1).

Os dados físicos e químicos dos solos assemelham-se aos obtidos por Almeida et al. (2018a) com solos desenvolvidos de rochas sedimentares do Planalto Norte Catarinense, os quais concluíram que todos os solos estudados eram fortemente ácidos, com baixos valores de pH, baixas soma e saturação por bases e elevados teores de Al^{3+} e de COT e relacionaram estas características às condições climáticas da região que favoreceram a intensa lixiviação de bases e forte acúmulo de MO, respectivamente.

Características mineralógicas dos solos

Perfil 1 – Rio do Rastro

No Cambissolo Húmico Alumínico típico, derivado de siltitos da Formação Rio do Rastro, as análises mineralógicas da fração argila, indicaram na amostra saturada com Mg quantidade expressiva de caulinita (picos em 0,714, 0,446 e 0,357 nm), assim como mica e, ou, illita (picos em torno de 1,00 e 0,500 nm) no horizonte Cr, seguida de proporções baixas de quartzo (picos em 0,425 e 0,334 nm) (Figura 2D). Não houve expressão de picos na região de 1,4 nm, apenas pequena elevação do “background” entre 1,0 e 1,4 nm nos tratamentos de saturação com Mg e K25, indicativos de possível formação de interstratificados illita-vermiculita (Briguenti et al., 2012).

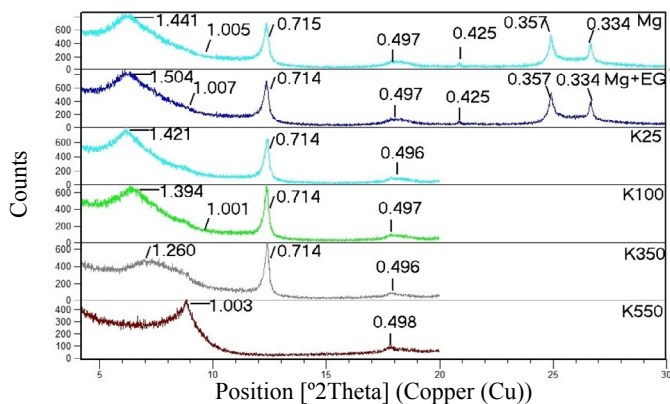
Os tratamentos térmicos não evidenciaram mudança sensível na posição do pico em torno de 1,0 nm, confirmando, portanto, tratar-se de mica, e ou illita, a qual, junto com

a caulinita, são os principais argilominerais presentes na rocha. A área dos picos da mica e, ou, illita é maior do que a da caulinita, indicando predominar sobre a caulinita nesse horizonte. O tratamento K550 promoveu o desaparecimento dos picos a 0,714 e 0,357 nm, confirmando a presença da caulinita (Figura 2D).

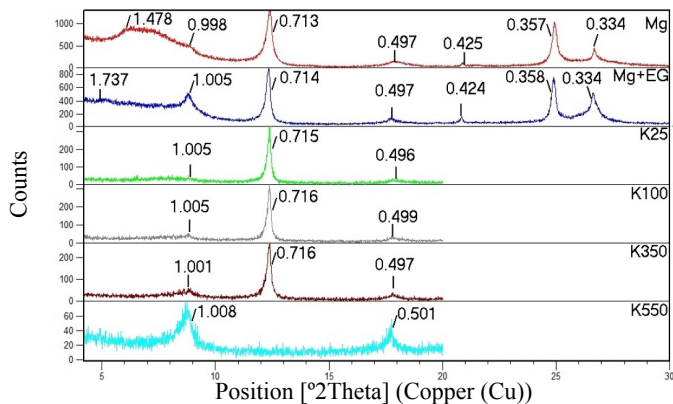
Nos horizontes C e Bi, o tratamento com Mg evidenciou maior expressão dos picos da caulinita, sendo sua área maior do que a do pico principal da mica e, ou, illita, em 1,00 nm. Além disso, observa-se a formação de um patamar na posição entre 1,0 e 1,4 nm, no horizonte C, e outro patamar e um pico em torno de 1,48 nm no Bi, indicativos, respectivamente, da formação de interstratificados illita-vermiculita (ou illita-esmectita) bem como alguma vermiculita ou esmectita. A ligeira expansão de parte desses reflexos para uma posição em torno de 1,74 nm no tratamento Mg+EG, visível nos dois horizontes, indica que o pico em 1,48 nm é de esmectitas. Nos tratamentos com K e aquecimentos, os picos em torno de 1,4 nm não são observados, e mesmo nas temperaturas mais elevadas (100 e 350 °C) não se observam modificações substanciais no formato dos picos, que permanecem ao redor de 1,00 nm (Figuras 2B e 2C).

No horizonte A1, os componentes mineralógicos são os mesmos do Bi e C, diferenciando-se daqueles apenas pela ausência de expansão das camadas nos tratamentos com etileno glicol (Figura 4A). Isto parece indicar que as esmectitas

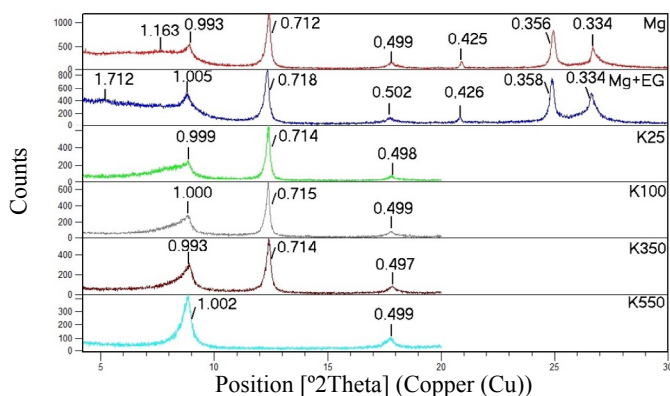
A. A1



B. Bi



C. C



D. Cr

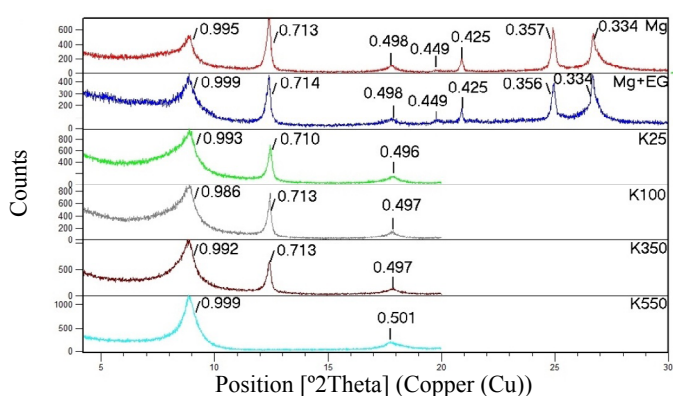


Figura 2. Difratogramas da fração argila orientada de amostras saturadas com magnésio (Mg), magnésio mais etileno glicol (Mg+EG) e com potássio em diferentes temperaturas ambiente (K25), a 100 °C (K100), a 350 °C (K350) e a 550 °C (K550) dos horizontes coletados de um Cambissolo Húmico Alumínico típico.

nesse horizonte devem apresentar expressiva quantidade de polímeros hidroxi-Al entrecamadas, as quais não expandem pelo tratamento citado (Bortoluzzi et al., 2007; Melo et al., 2009; Cunha et al., 2014b)

O predomínio de micas (e, ou, ilitas) no saprólito (Cr) do siltito, assim como o aumento da quantidade de caulinitas, interestratificados ilite-vermiculita (ou ilita-esmectitas) e esmectitas, com ou sem polímeros de Al entrecamadas (EHE) da base para o topo desse perfil, sugerem que parte das micas devem ter sido destruídas pelos processos de intemperismo, formando caulinitas, e parte das mesmas foram transformadas em interestratificados, ou em minerais 2:1 expansíveis, provavelmente por alteração no estado sólido.

Perfil 2 – Serra Alta

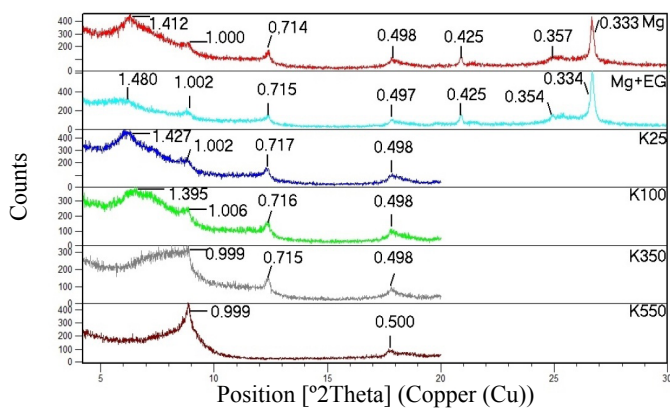
No Neossolo Regolítico Húmico típico, derivado de siltitos e folhelhos da Formação Serra Alta, a análise mineralógica da fração argila, no tratamento com Mg, indicou o predomínio de mica (picos em torno de 0,99 e 0,50 nm) e interestratificados mica-vermiculita ou mica-esmectita (background alto entre 0,99 e 1,4 nm com expressão de pico em 1,42 nm) na camada R. No tratamento Mg com etileno glicol (Mg+EG) o pico nesta posição se desloca para 1,595 nm, mantendo um patamar elevado a partir dali (Figura 3 D). Este comportamento sugere tratar-se de interestratificado mica-esmectita, embora a presença de esmectitas puras não possa ser descartada.

Os tratamentos com K e aquecimentos revelam uma contração praticamente completa das camadas expansíveis já no tratamento a 350 °C, o que confirma essa interpretação. Tanto as camadas de esmectita pura como a parte esmectítica do interestratificado mica-esmectita devem colapsar pelo aquecimento nesta temperatura, formando um pico na posição em torno de 1,0 nm. A presença de caulinita é pouco expressiva (pico pouco intenso a 0,715 nm). Picos do quartzo (0,42 e 0,334 nm) também são evidentes (Figura 3D).

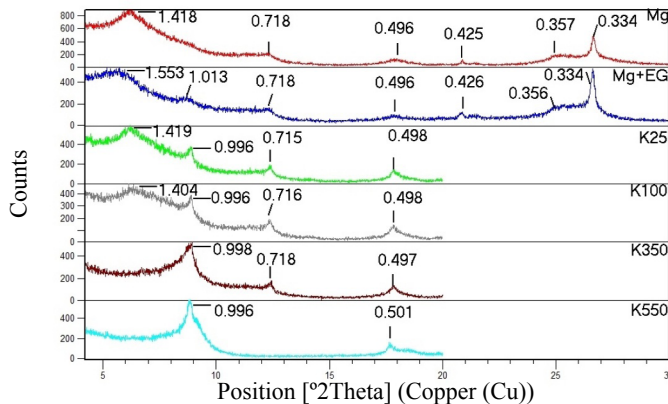
Nos horizontes C2 e C1 os minerais presentes são praticamente os mesmos, do que se pode interpretar pelo comportamento muito similar dos difratogramas, em todos os tratamentos, com os da camada R. No entanto, a análise mineralógica indicou a presença de caulinita em quantidades um pouco maiores, e com os picos da mica menos intensos (Figuras 3C e 3B), indicando que parte destas pode ter sofrido alteração para formação de interestratificados mica-esmectita e parte delas pode ter originado esmectitas e caulinitas por neoformação.

No horizonte A2, a pequena modificação na posição do reflexo em 1,4 nm da amostra glicolada, assim como a contração incompleta das camadas no tratamento com K após aquecimento a 350 °C sugere que tanto as camadas 2:1 das esmectitas como do interestratificado devem ter sofrido intercalação com polímeros de hidroxi-Al entrecamadas, provavelmente devido as condições de maior acidez e intemperismo nos horizontes mais superficiais (Figura 3A).

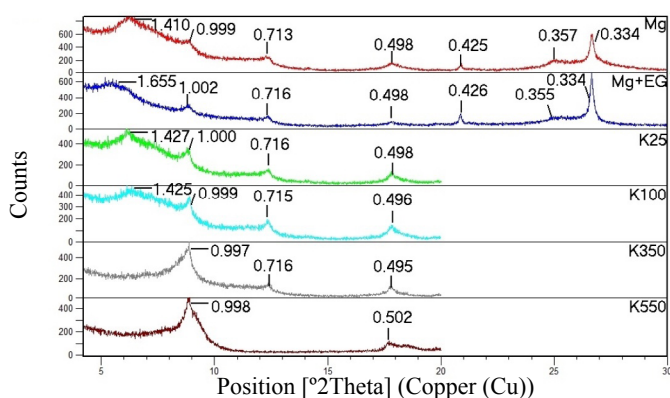
A. A2



B. C1



C. C2



D. R

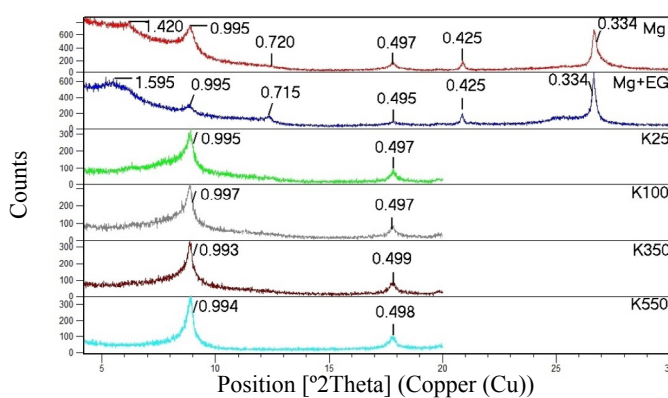


Figura 3. Difratogramas da fração argila orientada de amostras saturadas com magnésio (Mg), magnésio mais etileno glicol (Mg+EG) e com potássio em diferentes temperaturas ambiente (K25), a 100 °C (K100), a 350 °C (K350) e a 550 °C (K550) dos horizontes coletados de um Neossolo Regolítico Húmico típico.

A mineralogia dos horizontes mais inferiores, portanto, é compatível com os altos valores da atividade da fração argila (Tabela 1), que foi a maior dentre todos os solos analisados. Neste solo, as pequenas modificações observadas nos componentes mineralógicos da base para o topo do perfil, sugere que grande parte dos minerais identificados foram herdados da própria rocha matriz do solo, mas com substancial destruição ou alteração das micas no material originário.

Perfil 3 – Palermo

No Cambissolo Húmico Alumínico típico, derivado de folhelhos da Formação Palermo, a análise mineralógica da fração argila saturada com Mg da camada R indicou uma quantidade expressiva de caulinita, argilomineral dominante, seguida de argilominerais de camada 2:1, interestratificados e pequenas quantidades de mica (Figura 4D). O pico assimétrico em 1,407 nm sugere a presença de um interestratificado mica-esmectita em associação com esmectita, vermiculita ou clorita. A presença de minerais expansíveis neste horizonte é indicada pelo difratograma do Mg+EG, onde se observa deslocamento do pico de 1,407 do Mg para 1,702 nm pela glicolação. Os difratogramas dos tratamentos K25 e K100, são similares ao da amostra saturada com Mg, havendo ligeira contração das camadas 2:1 de 1,439 para 1,359 nm. No tratamento K350, permanece um pico a 1,430 nm formando um patamar até

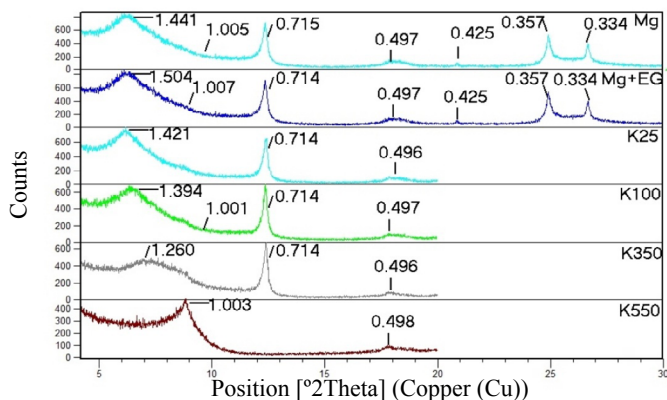
0,995 nm, indicando provavelmente um interestratificado mica-esmectita. Porém, como no tratamento K550, não houve uma contração completa das camadas a 0,995 nm, mantendo-se parte do reflexo a 1,374 nm, este pode ser atribuído a presença da clorita (Figura 4D). Nos horizontes acima da rocha, esse comportamento não é observado, sugerindo destruição das mesmas nos horizontes mais superficiais.

A clorita é um mineral facilmente intemperizável podendo se encontrar na rocha ou nos horizontes acima da mesma, dependendo da intensidade do intemperismo (Briguenti et al., 2012; Ottner et al., 2013).

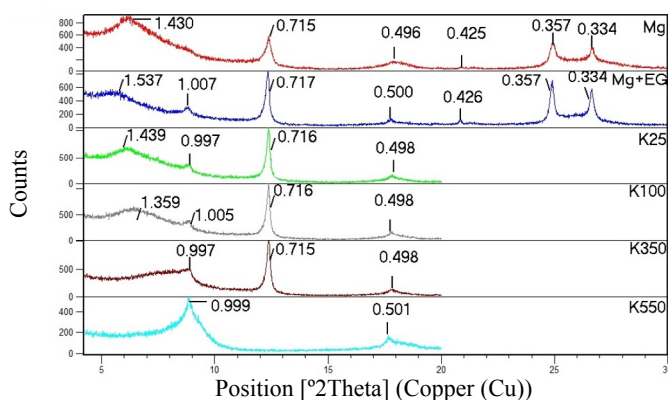
No horizonte C, os difratogramas são muito similares ao da rocha, observando-se apenas ausência dos picos da clorita, e pico pouco intenso em torno de 0,63 nm, atribuído a boehmita (γ -AlO(OH)) (Figura 4C). Nos horizontes Bi e A2, os difratogramas são similares ao do C, diferindo deste apenas pela contração incompleta das camadas no aquecimento às temperaturas mais elevadas (350 e 550 °C), sugerindo, de igual modo do que nos perfis anteriores, a presença de polímeros de hidróxi-Al entrecamadas (Figuras 4A e 4B).

A presença de interestratificados mica-esmectita e esmectitas em associação com quantidades expressivas de caulinita neste solo, é coerente com os valores relativamente altos de atividade da fração argila, cujos valores variaram entre 27 e 35 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ do horizonte Bi ao C (Tabela 1). A permanência de reflexos pouco intensos e praticamente

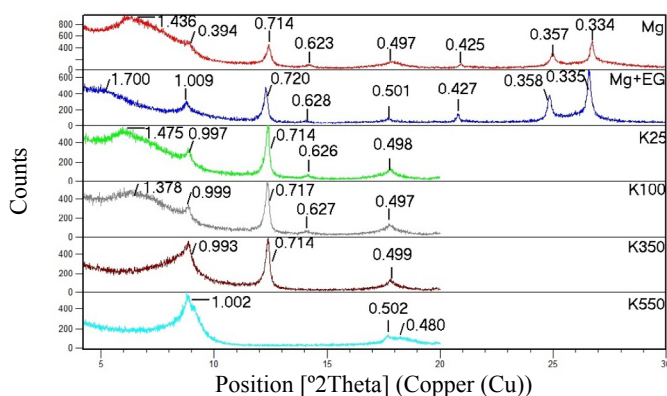
A. A2



B. Bi



C. C



D. R

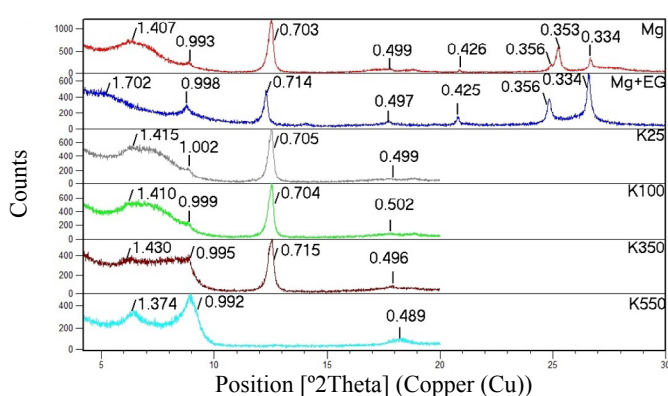


Figura 4. Difratogramas da fração argila orientada de amostras saturadas com magnésio (Mg), magnésio mais etileno glicol (Mg+EG) e com potássio em diferentes temperaturas ambiente (K25), a 100 °C (K100), a 350 °C (K350) e a 550 °C (K550) dos horizontes coletados de um Cambissolo Húmico Ta Alumínico típico.

invariáveis de micas em todos os horizontes, observada nos tratamentos de saturação com Mg, assim como um padrão relativamente regular da caulinita e dos demais minerais ao longo do perfil, sugere que a composição mineralógica deste solo foi principalmente herdada da rocha.

Perfil 4 - Teresina

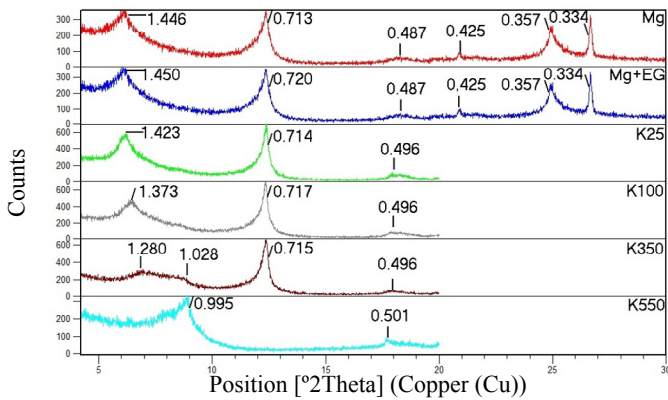
A análise mineralógica do Cambissolo Húmico Aluminico típico, derivado de folhelhos da Formação Teresina, indicou no horizonte CrR a presença dominante de argilominerais de camada 2:1 do grupo das esmectitas (confirmada pela presença do pico em 1,560 com na amostra saturada com Mg, que expandiu para 1,736 nm com etileno glicol), seguido, em menores quantidades, pela caulinita (0,72; 0,357 nm) e pela mica, e ou illita (1,004; 0,501 nm) (Figura 5D). Além disso, as quantidades de quartzo foram expressivas, evidenciada pelo pico relativamente intenso em 0,334 nm, o qual, no entanto pode ter contribuição do pico de terceira ordem da mica. O aquecimento da amostra saturada com K, a 350 °C promoveu o colapso praticamente completo das camadas, resultando numa redução de aproximadamente 1,6 para 0,993 nm, confirmando a presença de esmectitas sem polímeros de hidróxi-Al nesse horizonte. Nessa mesma temperatura, o pico da esmectita continuou sendo maior do que a área do pico da caulinita. Os picos 001 e 002 da caulinita são largos e assimétricos, indicando possível presença de caulinitas de

baixa cristalinidade e, ou de pequena dimensão, junto com interestratificados caulinita-esmectita (Cunha et al., 2014b; Testoni et al., 2017) (Figura 5D).

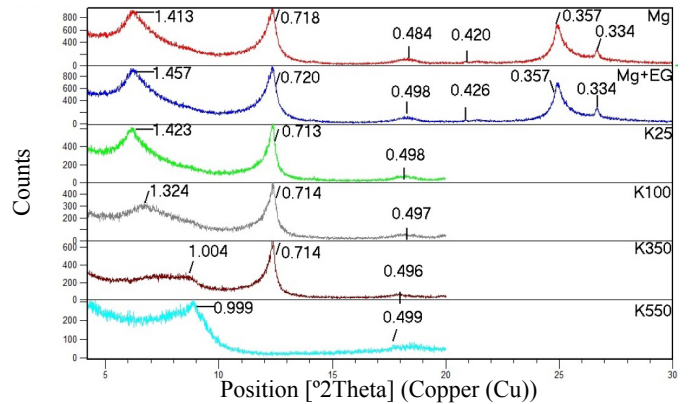
No horizonte C, o predomínio das esmectitas se mantém, sendo indicado pelo amplo e intenso pico a 1,560 nm na amostra saturada com Mg, que expandiu para 1,680 nm após tratamento com etileno glicol. Embora as esmectitas ainda dominem houve aumento da caulinita, indicada pela maior área do reflexo 001 em relação ao horizonte CrR. Isto pode ter ocorrido pela destruição parcial de esmectitas com neoformação de caulinita. As quantidades de mica e, ou, illita mantém-se em proporções baixas e similares à do saprólito, indicando pouca alteração das mesmas nesse horizonte. O aquecimento da amostra saturada com K a 350 °C provoca uma contração acentuada das camadas expansíveis, formando um pico com valor em torno de 0,99 nm, confirmando as esmectitas. No entanto, a manutenção do background ligeiramente elevado entre 0,99 e 1,4 nm pode se indicativo de pequena quantidade de interestratificados mica-esmectita (Figura 5C).

Nos horizontes Bi e A2, há um aumento na quantidade de caulinita, mas não houve modificação na posição do reflexo da amostra glicolada em relação à do Mg, indicando que nos horizontes superiores, onde as condições de intemperismo são mais drásticas, as esmectitas sofreram intercalação com polímeros de hidróxi-Al. Isto é confirmado pela contração

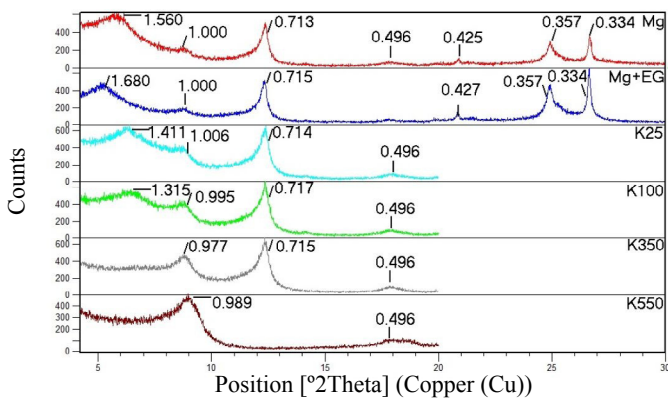
A. A2



B. Bi



C. C



D. CrR

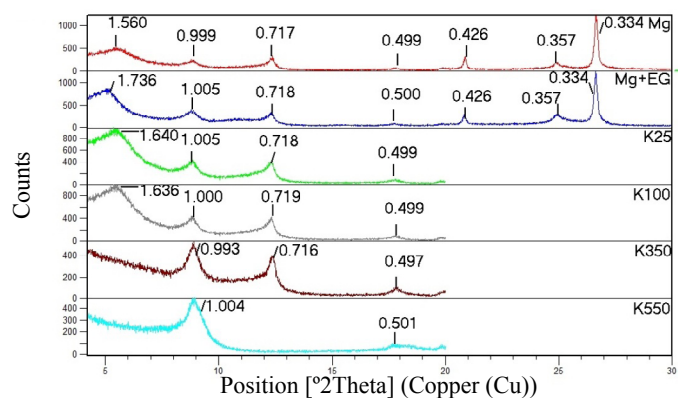


Figura 5. Difratogramas da fração argila orientada de amostras saturadas com magnésio (Mg), magnésio mais etileno glicol (Mg+EG) e com potássio em diferentes temperaturas ambiente (K25), a 100 °C (K100), a 350 °C (K350) e a 550 °C (K550) dos horizontes coletados de um Cambissolo Húmico Ta Aluminico típico.

apenas parcial das camadas nos tratamentos com potássio e aquecimento até 350 °C a 1,004 nm. A manutenção de um patamar entre 1,0 e 1,4 nm tanto pode indicar a presença de interstratificados mica-esmectita, como destes minerais em associação com esmectitas com hidróxi-Al entrecamadas (Figuras 5B e 5A, respectivamente).

A alta atividade da fração argila no horizonte CrR (55 cmol_c kg⁻¹) é coerente com a mineralogia esmectítica desse horizonte. A redução substancial da atividade da argila nos horizontes acima do saprólito também é compatível com as mudanças na composição mineralógica em direção à superfície, traduzida pela redução das quantidades de esmectitas puras, formação de esmectitas e interstratificados mica-esmectitas com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas, e aumento na proporção de caulinitas. Trata-se, portanto, de um solo em que houve pouca alteração ou destruição das micas, porém em que parte das esmectitas parecem ter sido destruídas, com neoformação de caulinita e parte delas sofreu forte intercalação com polímeros de alumínio.

Perfil 5 - Botucatu

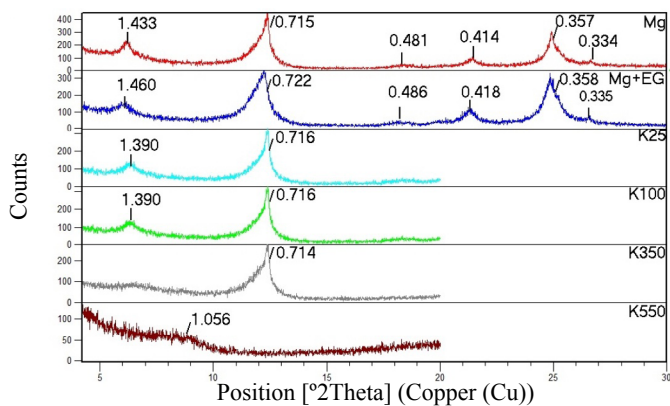
No horizonte CrR do Cambissolo Háplico Distrófico típico, derivado de arenito da Formação Botucatu, a mineralogia da fração argila indicou o predomínio de caulinita de alta cristalinidade (picos estreitos, simétricos e de alta intensidade em torno de 0,72 e 0,36 nm, com largura à meia altura de

0,1939 °2θ) e muito baixas quantidades de micas (picos em torno de 1,0 nm) em todos os tratamentos realizados. A caulinita foi confirmada pelo desaparecimento dos picos de primeira e segunda ordem desse mineral no tratamento K550 (Figura 6D). No horizonte C, a caulinita continua dominante, porém ocorrem picos com posição em torno de 1,4 nm, com ligeira elevação do background para ângulos mais baixos no tratamento com etileno glicol. Esse comportamento sugere a presença de esmectitas com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas, ou interstratificados mica-esmectita, em associação com muito baixas quantidades de esmectitas (Figura 6C).

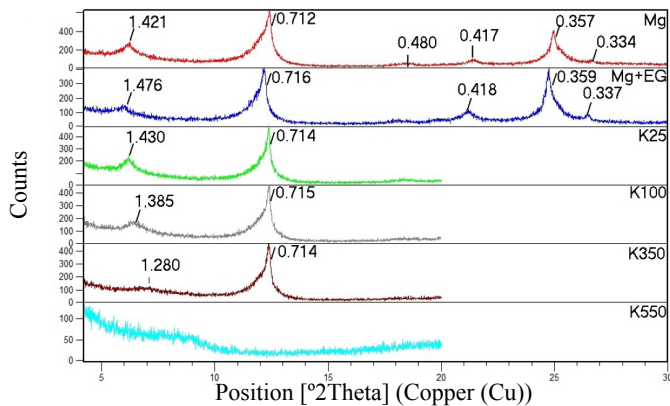
Nas amostras saturadas com K, o aquecimento até 350 °C provoca contração paulatina das camadas, com diluição dos reflexos entre 1,4 e 1,0 nm, sem a configuração de um reflexo nítido, o que parece confirmar a presença de interstratificados mica-esmectita. Observa-se, igualmente um alargamento e assimetria dos reflexos de primeira e segunda ordem da caulinita em comparação com a amostra do saprólito, indicativos de caulinitas de natureza diferente daquelas presentes no CrR (Figura 6D e 6C).

Nos horizontes Bi e A2, os reflexos na posição da caulinita tornam-se ainda mais largos e assimétricos, confirmando a interpretação anterior. Os valores da largura a meia altura da caulinita aumentaram de 0,1939 nm no CrR para 0,4747, 0,7252 e 0,7295 respectivamente nos horizontes C, Bi e A2. Os

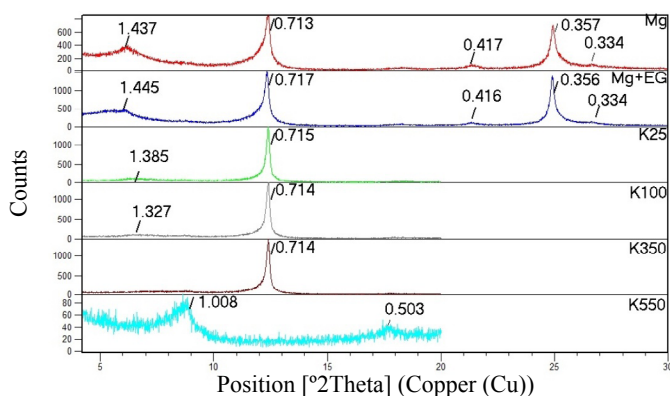
A. A2



B. Bi



C. C



D. CrR

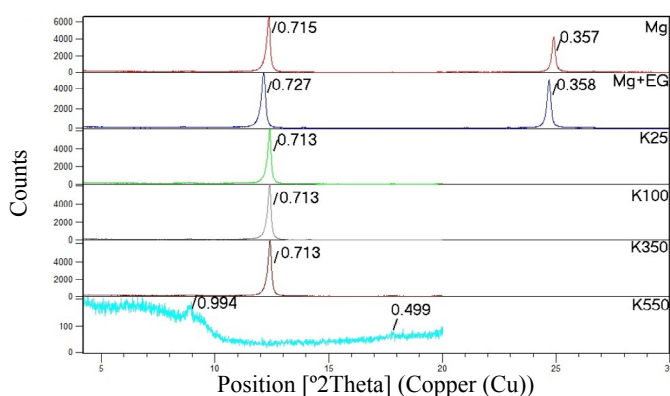


Figura 6. Difratogramas da fração argila orientada de amostras saturadas com magnésio (Mg), magnésio mais etileno glicol (Mg+EG) e com potássio em diferentes temperaturas ambiente (K25), a 100 °C (K100), a 350 °C (K350) e a 550 °C (K550) dos horizontes coletados de um Cambissolo Háplico Distrófico típico.

tratamentos com K e aquecimentos promoveram um colapso incompleto das camadas, com pico numa posição média em torno de 1,28 nm no tratamento K350. Trata-se provavelmente de esmectitas, ou interestratificados mica-esmectita com grandes quantidades de polímeros de hidróxi-Al nas camadas. Pequenos reflexos em torno de 0,48 nm indicam a presença de gibbsita, assim como os que ocorrem entre 0,414 e 0,418 nm são indicativos do óxido de ferro goethita (Figura 6B).

O alargamento dos picos na posição da caulinita, bem como o incremento nas quantidades de minerais de camada 2:1 (picos em torno de 1,4 nm nas amostras com Mg) da base para o topo do perfil, são incompatíveis com a mineralogia presente na rocha subjacente, composta por caulinitas de boa cristalinidade e provavelmente de cristais maiores.

Como esse perfil foi descrito na base e à margem da escarpa onde ocorreram os derrames de basalto da formação Serra Geral, é sugerida a hipótese de que em todos os horizontes acima do saprólito do arenito, houve forte contribuição de material coluvial proveniente do intemperismo dos solos originados de basalto situados à montante. Esta interpretação é baseada nas seguintes evidências: a) aumento da largura à meia altura dos picos na posição da caulinita e assimetria dos picos da base para o topo do perfil; b) presença de muito maiores quantidades de minerais de camada 2:1, e interestratificados nesse mesmo sentido e c) aumento significativo na quantidade de óxidos de ferro, expressa pelo aparecimento do pico principal da goethita nos horizontes superiores.

Relação entre a mineralogia e as características químicas dos solos estudados

Todos os solos estudados apresentaram saldo de carga líquida negativa obtida pela diferença entre pH KCl com pH água ($\Delta\text{pH} = \text{pH KCl} - \text{pH em água}$) (dados não apresentados), condizentes com a mineralogia da fração argila, composta por caulinita e argilominerais de camada 2:1, com ou sem polímeros de Al entrecamadas, independentemente do perfil do solo, da formação geológica do qual foram derivados e do horizonte coletado (Tabela 1). No entanto, é importante salientar que, a menor variação do ΔpH foi verificada no perfil 5, em que a mineralogia nos horizontes coletados é essencialmente caulínica, sendo decorrente da menor carga líquida negativa permanente desse solo.

Os elevados teores de Al (acima de $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) encontrados nos horizontes superficiais e muito elevados nos horizontes subsuperficiais dos quatro primeiros perfis, correspondentes a três Cambissolos e um Neossolo (Tabela 1), provavelmente estão relacionados com a mineralogia da fração argila que indicou a predominância e, ou, proporções elevadas de argilominerais de camada 2:1 do grupo das esmectitas, interestratificadas ou não com outros argilominerais, com ou sem polímeros de Al entre camadas. No ambiente úmido e ácido onde ocorrem esses solos, parte desses minerais pode estar sendo paulatinamente destruída, com liberação de elevadas quantidades de Al das lâminas octaedrais.

Essa interpretação é amparada pelos estudos conduzidos

por Bernini et al. (2013), Cunha et al. (2014b, 2015) e Costa et al. (2018) em amostras de diferentes classes de solos (principalmente as coletadas nos horizontes subsuperficiais) e regiões brasileiras, nos quais concluíram que a solução concentrada e não tamponada de KCl 1 mol L^{-1} dissolve, além da fração trocável (Al-KCl), o Al proveniente das frações amorfas inorgânicas (frações não trocáveis de equilíbrio lento com o da solução do solo) provenientes dos argilominerais de camadas 2:1 do grupo das esmectitas em processo de destruição, do Al interestratificado (esmectita ou vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas; EHE e VHE, respectivamente) e também das formas inorgânicas do Al de baixa cristalinidade. Tais frações contribuem para a superestimação dos teores de Al dos solos.

Em relação aos horizontes superficiais de todos os perfis de solo, os elevados teores desse elemento nos solos podem estar relacionados além da dissolução dos compostos anteriormente citados como também o Al de compostos orgânicos, uma vez que nesses horizontes foram encontradas quantidades expressivas de COT (Tabela 1). Segundo Ebeling et al. (2008), Campos et al. (2014) e Caballero et al. (2015), a superestimação dos teores de Al em solos com elevados teores de matéria orgânica (MO) estaria relacionada com parte do H^+ liberado da MO pela ação da solução de KCl e quantificados de forma indireta pela titulação com base, uma vez que parte desses íons estariam sendo quantificados em conjunto com os íons H^+ gerados pela hidrólise do íon Al^{3+} .

Já no Perfil 5, essencialmente caulínico com participação de argilominerais de camadas 1:1 mais estáveis, e com baixa quantidade de minerais de camada 2:1, foram encontrados teores muito baixos de Al-KCl quando comparado aos demais (Tabela 1).

Os elevados teores de H+Al, notadamente nos horizontes superficiais de todos os perfis de solos, provavelmente estão relacionados com os elevados teores de COT (Tabela 1). Embora tenha ocorrido a diminuição do COT nos horizontes subsuperficiais, verifica-se que houve um aumento expressivo na acidez potencial dos solos, exceto no horizonte R dos perfis 3 e 5 (Tabela 1). O aumento na acidez potencial desses solos pode ser atribuído à presença de frações inorgânicas não trocáveis de Al, as quais sofreram hidrólise e liberaram íons H^+ que foram contabilizados na titulação com base (Ebeling et al., 2008).

Em relação aos cátions básicos, as baixas quantidades dos mesmos nos perfis de solo estudados, segundo Almeida et al. (2018a), podem estar relacionadas com às altas precipitações pluviométricas verificadas no Estado de Santa Catarina, mais precisamente em Lages, onde a precipitação anual é de 1500 a 1600 mm, que resultaram em intensa lixiviação de bases. Segundo Moniz et al. (1975), a variação da fertilidade e da composição mineralógica dos solos pode também estar relacionada com a posição do solo no relevo, com a idade, com o material de origem e com a região em que o mesmo foi formado.

Diante dos resultados obtidos pelas análises químicas físicas e mineralógicas dos solos estudados, sugere-se que

as estratégias de manejo nos mesmos sejam realizadas com muita cautela. Levando-se em consideração os elevados teores de Al trocável e de COT, elevada saturação por Al, elevada acidez potencial (Tabela 1), todos os perfis estudados necessitam de uma grande quantidade de calcário para elevar o pH de acordo com a cultura agrícola selecionada, devido ao alto poder tampão dos mesmos.

Sob este ponto de vista, atenção também deve ser dada ao manejo da adubação desses solos. Como evidenciado, a maioria dos solos têm elevados teores de Al, argila de atividade alta e a mineralogia da fração argila com quantidades expressivas de argilominerais de camadas 2:1 na maioria dos solos. Esses últimos por terem elevada CTC podem fixar tanto o K como o amônio adicionados aos solos. Além disso, também foram encontrados Al nas entrecamadas dos minerais que, segundo Barnhisel & Bertsch (1989), Almeida et al. (2018a), têm participação efetiva na adsorção de P, tornando-o pouco disponível na solução dos solos e, conseqüentemente, para as culturas agrícolas. Por outro lado, solos cauliniticos com baixa atividade de argila e CTC são menos efetivos na adsorção dos nutrientes acima mencionados.

Sugere-se, portanto, a condução de experimentos a campo e, ou, casa de vegetação, a fim de serem definidos os melhores manejos de solos com características similares avaliados neste estudo.

Conclusões

Os atributos físicos e mineralógicos dos solos foram influenciados pelas diferenças na composição granulométrica, química e mineralógicas das rochas sedimentares.

Todos os solos apresentaram reação ácida, com baixos teores de cátions básicos, baixas somas e saturação por bases, elevados teores de Al trocável e elevada saturação por Al, independentemente da classe taxonômica e da formação geológica.

Os solos desenvolvidos das formações sedimentares Botucatu (arenito) e Rio do Rastro (siltito), apresentaram menores conteúdos de argila e maiores de areia, com mineralogia mais caulinitica, compatíveis com a granulometria e composição mineral das rochas.

Os solos desenvolvidos de siltito (Serra Alta), de folhelho (Palermo e Teresina), apresentaram maiores conteúdos de argila e mineralogia com maior participação de argilominerais de camadas 2:1, compatíveis com a granulometria mais fina e com os componentes mineralógicos das rochas.

A composição dos minerais da fração argila se mostrou relacionada com os teores de Al nos solos e, conseqüentemente, com a acidez dos solos estudados.

Literatura Citada

- Almeida, J. A.; Corrêa, J.; Schmitt, C. Mineralogy of basaltic hillsides soils in the western state of Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 42, e0170086, p.1-17, 2018b. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170086>.
- 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*, v.21, n.2, p.181-190, 1997.
- Almeida, J. A.; Ribeiro, C. F.; Oliveira, M. V. R.; Sequinatto, L. Mineralogia da argila e propriedades químicas de solos do Planalto Norte Catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.17, n.2, p.267-277, 2018a. <https://doi.org/10.5965/223811711722018267>.
- Almeida, J. A.; Tórrrent, 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*, v.27, n.6, p.985-1002, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000600003>.
- Barnhisel, R. I.; Bertsch, P. M. Chlorites and hydroxi-interlayered vermiculite and smectite. In: Dixon, J. B.; Weed, S. B. (Eds.). *Minerals in soil environments*. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p.729-788.
- Bernini, T.A.; Pereira, M.G.; Fontana, A.; Anjos, L.H.C.; Calderano, S.B.; Wadt, P.G.S.; Moraes, A.G.L.; Santos, L.L. Taxonomia de solos desenvolvidos sobre depósitos sedimentares da Formação Solimões no Estado do Acre. *Bragantia*, v.72, n.1, p.71-80, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052013005000014>.
- Bortoluzzi, E. C.; Pernes, M.; Tessier, D. Interestratificado caulinita-smectita em um Argissolo desenvolvido a partir de rocha sedimentar do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.6, p.1291-1300, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600008>.
- Briguenti, I.; Almeida, J. A.; Hofer, A. Mineralogia e gênese de Argissolos das serras do Tabuleiro/Itajaí, Estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, n.4, p.1057-1071, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000400001>.
- Brindley, G. W.; Brown, G. Crystal structures of clay minerals and their X ray identification. London: Mineralogical Society, 1980. 495p.
- Caballero, E. C.; Álvarez, V. V. H.; Lima, N. J. C. Comparação de métodos químicos como extrator de alumínio em solos tiomórficos do Brasil e Colômbia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, v.68, n.1, p.7569-7579, 2015. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47845>.
- Campos, J. R. R.; Silva, A. C.; Silva, E. B.; Vidal-torrado, P. Extração e quantificação de alumínio trocável em Organossolos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, n.3, p.207-214, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000300007>.
- Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Ministério de Minas e Energia. Mapa geológico do estado de Santa Catarina. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2014.
- Cunha, G. O. M.; Almeida, J. A.; Barboza, B. B. Relação entre o alumínio extraído com KCl e oxalato de amônio e a mineralogia da fração argila em solos ácidos brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, n.5, p.1387-1401, 2014b. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500004>.
- Cunha, G. O. M.; Almeida, J. A.; Barboza, B. B.; Friederichs, A.; Rech, C.; Heberle, D. A.; Grohskopf, M. A. Comparação de métodos de argila em diferentes solos brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.20, n.1-2, p.126-136, 2014a. http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1434737233_solos.pdf. 19 Jan. 2019.

- Cunha, G. O. M.; Almeida, J. A.; Testoni, S. A.; Barboza, B. B. Formas de alumínio em solos ácidos brasileiros com teores excepcionalmente altos de Al³⁺ extraível com KCl. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, n.5, p.1362-1377, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150017>.
- Costa, E. U. C.; Santos, J. C. B.; Azevedo, A. C.; Araújo Filho, J. C.; Corrêa, M. M., Neves, L. V. M. W.; Vidal-torrado, P.; Souza-Júnior, V. S. de. Mineral alteration and genesis of Al-rich soils derived from conglomerate deposits in Cabo Basin, NE Brazil. *Catena*, v.167, p.198-211, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.039>.
- Ebeling, A. G.; Anjos, L. H. C.; Perez, D. V.; Pereira, M. G.; Valladares, G. S. Relação entre a acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. *Bragantia*, v.67, n.2, p.429-439, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000200019>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. 5.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 590p.
- Fabris, J. D.; Viana, J. H. M.; Schaefer, C. E. G. R.; Wypych, F.; Stucki, J. W. Métodos Físicos de Análises em Mineralogia do Solo. In: Alleoni, L. R. F.; Melo, V. F. (Eds.). *Química e mineralogia dos solos*. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v.1, p.611-694.
- Ferreira, E. R. N. C. Química e mineralogia de solos desenvolvidos de rochas alcalinas e ultrabásicas do domo de Lages, SC. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2013. 161p. Tese Doutorado. http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/837/ferreira_erc._quimica_e_mineralogia_de_solos_desenvolvidos...2014_copy121.pdf. 12 Jan. 2019.
- Jackson, M. L. *Soil Chemical Analysis*. 2.ed. Madison: Department of Soil Science- University of Wisconsin, 1965. 991p.
- Melo, V. F.; Mattos, J. M. S. M.; Lima, C. V. Métodos de concentração de minerais 2:1 secundários na fração argila visando sua identificação por difratometria de raios X. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.3, p.527-539, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000300006>.
- Moniz, A. C. Decomposição de rochas e formação de minerais de argila. In: Moniz, A.C. (Ed.). *Elementos de pedologia*. São Paulo: Edusp, 1975. Cap. 25, p.305-323.
- Ottner, F.; Sedov, S.; Baatar, U. O.; Wriessnig, K. Grain size and mineralogical indicators of weathering in the oberlaab loess-paleosol sequence, upper Austria. *E & G - Quaternary Science Journal*, v.62, n.1, p.34-43, 2013. <https://doi.org/10.23689/ridgeo-1936>.
- Potter, R.O.; Carvalho, A. P.; Flores, C. A.; Bognola, I. Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 721p.
- Rossi, M. Descrição de perfis. In: Embrapa (Org). *Reunião de Correlação, Classificação e Aplicação de Levantamentos de Solos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná*, 6., 2000, Colombo. Anais... Colombo: Embrapa Floresta; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas, IAC, 2000. p.16-23.
- Santa Catarina. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística. *Atlas de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173p.
- Santos, P. G.; Almeida, J. A.; Sequinato, L.; Schimalski, M. B. Levantamento pedológico detalhado como suporte para o planejamento de uso das terras. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 14, n.1, p. 65-74, 2015. <http://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5686>. 05 Jan. 2019.
- Santos, R. D.; Lemos, R. C.; Santos, H. G.; Ker, J. C.; Anjos, L. H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, 100p.
- Testoni, S. A.; Almeida, J. A.; Silva, L.; Andrade, G. R. P. Clay mineralogy of Brazilian Oxisols with shrinkage properties. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.41, e0160487, p.1-16, 2017. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160487>.
- 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: Soil Science Society of America, 1986. p.331-359.