

## Caracterização e classificação de solos graníticos em topossequência na região Sul do Brasil

### Soil characterization and classification of granitic soils in toposequence in Southern Brazil

Paula Suélen Corrêa de Medeiros<sup>1\*</sup> Paulo César do Nascimento<sup>1</sup>  
Alberto Vasconcellos Inda<sup>1</sup> Diego Silva da Silva<sup>1</sup>

#### RESUMO

Na região sul do Brasil, foi verificada a ocorrência de forte gradiente textural em solos localizados em áreas de morros graníticos. O presente estudo teve como objetivo avaliar os processos pedogenéticos envolvidos na formação de solos em topossequência de granito em Porto Alegre (RS). Foram descritos e amostrados morfológica, química, física e mineralogicamente quatro perfis de solos localizados em diferentes segmentos da paisagem. Os perfis de solos do topo, encosta superior e sopé da topossequência apresentaram gradiente textural expressivo, e a relação argila fina:argila total aumentou nos horizontes subsuperficiais (Bt), indicando transporte da fração mais fina. O índice de uniformidade inferior a 0,6 sugeriu que os solos não apresentaram indícios de descontinuidade litológica. O índice  $K_i$ , a relação  $Fe_2O_{3(d)}/Fe_2O_{3(s)}$  e a presença de feldspato e minerais 2:1 e 2:1:1, constatadas pela difração de raios-x indicaram grau de intemperismo intermediário. A difração por raios x também mostrou aumento do argilomineral caulinita em profundidade. Na encosta inferior, o perfil de solo não apresentou horizonte B pedogenético. Os resultados são indicativos da ocorrência da lessivagem como o principal processo pedogenético atuante, apesar das características indicativas de estágio de intemperismo pouco avançado.

**Palavras-chaves:** lessivagem, gradiente textural, classificação de solos, granito.

#### ABSTRACT

In Brazil's South region, it had been verified high textural change in soils of granitic hilly areas. This study had the objective to evaluate pedogenetic processes involved in a granite toposequence in Porto Alegre city, Brazil. Soil profiles were described and analyzed in morphological, physical, chemical and mineralogical issues. Soil profiles at summit, upper slope and foot slope showed expressive textural change and the relationship fine clay:total clay increased in subsurface horizons (Bt),

indicating finer fraction translocation. Uniformity index lower than 0,6 showed absence of lithologic discontinuity.  $K_i$  index,  $Fe_2O_{3(d)}/Fe_2O_{3(s)}$  relationship and presence of feldspar, 2:1 and 2:1:1 minerals, detected in X-Ray diffraction analysis, indicated intermediate weathering degree. X-Ray diffraction also indicates higher caulinite content in subsurface. At down slope position, soil profile didn't show the presence of B pedogenetic horizon. Results indicated lessivage as the main pedogenetic process, associated with the presence of some characteristics, which shows low advanced pedogenetic development in these profiles.

**Key words:** lessivage, texture gradient, soil classification, granite.

#### INTRODUÇÃO

Em condições de relevo suave ondulado a ondulado e clima tropical e subtropical, destaca-se a ocorrência de eluviação/iluviação de argila, entre outros processos pedogenéticos, em solos formados a partir de materiais de origem ácidos. A translocação vertical de argila (eluviação/iluviação) no perfil de solo, denominada como lessivagem (BUOL et al., 2003), imprime ao solo, entre outros atributos, o gradiente textural, verificado pela maior concentração de argila fina nos horizontes iluviais (PHILLIPS, 2007).

A morfologia de solos graníticos na região Sul do Brasil tem mostrado ocorrência de gradiente textural em perfis de solos de áreas de morros, em posições em que a relação solo-paisagem sugere a ocorrência de Cambissolos e Neossolos (SCHNEIDER et al., 2008). Isso resultou em solos com características de baixo grau de intemperismo,

<sup>1</sup>Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: paulascm@yahoo.com.br. \*Autor para correspondência.

como pequena espessura de *solum* e estruturas fracamente desenvolvidas, porém com gradiente textural acentuado. Esses solos apresentam caráter transicional entre as classes Argissolos e Cambissolos, dificultando a identificação destas classes a campo (SANTOS et al., 2010).

Neste trabalho, pressupõe-se que o gradiente textural dos solos de morros graníticos de Porto Alegre tem sua gênese a partir da lessivagem, pois os fatores de formação de solo do local em estudo favorecem o desenvolvimento desse processo, além de ocorrer associado a características indicativas de baixo a moderado grau de desenvolvimento pedogenético. A partir do exposto, este trabalho objetivou: i) avaliar a natureza dos processos pedogenéticos na formação dos solos com base em características morfológicas, químicas, físicas e mineralógicas; e ii) classificar os solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2006) e a *Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 2010).

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Morro da Extrema, região Sudeste de Porto Alegre, RS, Brasil, entre as coordenadas geográficas 29°55'56" e 30°16'05" (S) - 51°01'08" e 51°16'00" (O). O clima da região é subtropical úmido (Cfa), segundo Koppen, com temperatura média anual de 19,5°C e precipitação média em torno de 1300mm ano<sup>-1</sup>. A litologia da área de estudo é composta por corpos graníticos, sendo dominante o Granito Canta Galo, de cor rosa claro, com pontos pretos e brancos definidos, respectivamente, por biotita e plagioclásio. A textura é equigranular a inequigranular, com predominância do feldspato potássico (PHILLIP, 2008).

Foram abertas quatro trincheiras em uma topossequência com 350m de comprimento (entre o ponto de maior cota e o ponto de menor cota observados), sendo: Perfil P1 - topo aplainado do morro, declividade 0-3% e altitude 198m; Perfil 2 (P2) - terço superior, declividade 35-38% e altitude de 185m; Perfil 3 (P3) - terço inferior, declividade 13-15% e altitude de 178m; Perfil 4 (P4) – sopé da topossequência, declividade 5-8% e altitude de 174m. Os perfis foram descritos e amostrados conforme SANTOS et al. (2005). As amostras foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas (malha 2mm), obtendo-se a fração terra fina seca ao ar (TFSA). A distribuição granulométrica e a argila dispersa em água foram determinadas de acordo com EMBRAPA (1997)

e, a partir dos resultados, foram calculados o grau de flocculação (GF) e a relação silte/argila. A fração argila foi separada em argila grossa ( $2 > \phi > 0,2 \mu\text{m}$ ) e argila fina ( $\phi < 0,2 \mu\text{m}$ ) por centrifugação em duas repetições (JACKSON, 1965). Calculou-se a relação areia fina:areia total (AF/AT) e o valor de uniformidade (VU) adaptado de SCHAETZL (1998), segundo a expressão:  $VU = \frac{[(S+AF)/ (A-AF)]_{\text{horizonte superficial}}}{[(S+AF)/ (A-AF)]_{\text{horizonte subjacente}}} - 1,0$ ; em que VU é o valor de uniformidade; S é a fração silte; A é a fração areia; e AF é a fração areia fina. A área superficial específica (ASE) da TFSA foi estimada por adsorção de água a 20% de UR (QUIRK, 1955).

Os teores de  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  trocáveis, acidez extraível (H+Al) e C orgânico total foram determinados segundo EMBRAPA (1997). Foram calculadas a capacidade de troca de cátions ( $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ ), a saturação por alumínio (Al%) e a saturação por bases (V%). Os teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{TiO}_2$  foram extraídos por meio de ataque sulfúrico (EMBRAPA, 1997) e o índice de intemperismo  $K_i$  foi determinado através da expressão:  $K_i = (1,7 * \text{SiO}_2) / \text{Al}_2\text{O}_3$ . O ferro relativo à totalidade dos óxidos de Fe pedogênicos ( $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{d}$ ) foi extraído com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio a (DCB) a 80°C (MEHRA & JACKSON, 1960). O Fe referente aos óxidos de Fe de baixa cristalinidade ( $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{o}$ ) foi extraído com oxalato de amônio 0,2mol L<sup>-1</sup> a pH 3,0, em ausência de luz (SCHWERTMANN, 1964). Os teores de Fe foram determinados por espectroscopia de absorção atômica (EAA). A difratometria de raios-X (DRX) (equipamento Philips; radiação Fe-K $\alpha$  e monocromador de Fe) foi realizada em lâminas confeccionadas com material (TFSA moída em grau de ágata) sem orientação (em pó), as quais foram irradiadas no intervalo de 4 a 36°2 $\theta$ , com velocidade de varredura de 2°2 $\theta$ /minuto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis de solos foram considerados profundos (Tabela 1), com exceção do perfil P3, que apresentou contato lítico a uma profundidade inferior a 50cm (EMBRAPA, 2006). Entretanto, os perfis P2 e P4 apresentaram o horizonte C a menos de 100cm de profundidade, indicando menor desenvolvimento em termos de espessura dos perfis. Predominaram cores amareladas em todos os horizontes, com matizes entre 7,5 YR a 10 YR, possivelmente, relacionadas com a formação preferencial de goethita nesses solos,

Tabela 1 - Descrição morfológica dos perfis de solos.

Hz.	Profundidade, cor, textura, estrutura, consistência, cerosidade e transição
-----P1 – Argissolo Amarelo Distrófico típico-----	
A1	0-18cm; Bruno escuro (10YR 3/3 úmido); areia franca; moderada, média a grande, blocos subangulares / fraca pequena granular; muito friável; não plástica, ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
A2	18-48cm; Bruno escuro (7,5YR 3/2 úmida); areia franca; moderada, média, blocos subangulares/ fraca, pequena, granular; muito friável; não plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
A3	48-66cm; Bruno escuro (7,5YR 3/2 úmida); franca arenosa; moderada, média, blocos subangulares/ fraca, pequena, granular; muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
AB	66-85cm; Bruno escuro (10YR 3/3 úmida); franco argilo arenosa; fraca a moderada, média, blocos subangulares/moderada, grande, laminar; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
BA	85-100cm; Bruno escuro (7,5YR 3/3 úmida); franco argilo arenosa; fraca a moderada, média, blocos subangulares/moderada, grande, laminar; muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
Bt	100-130+cm; Bruno amarelado (10YR 5/6 úmida); franco argilosa; friável; plástica e pegajosa.
-----P2 – Argissolo Amarelo Distrófico Abrupto-----	
A1	0-12cm; Bruno (7,5YR 4/3 úmida); areia franca; fraca, pequena, granular/ moderada, média, blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
A2	12-32cm; Bruno (10YR 4/3 úmida); franco arenosa; moderada, média, blocos subangulares/ fraca, pequena, granular; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
Bt1	32-52/62cm; Bruno escuro (7,5YR 3/2 úmida); franco argilo arenosa; moderada, grande, blocos subangulares/ fraca, pequena, granular; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e irregular.
Bt2	52/62-93/98cm; Bruno amarelo escuro (10YR 3/4 úmida); argila; moderada, média, blocos subangulares/ moderada, grande, laminar; firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e irregular.
C	93/98-118+cm; variegada (2,5YR 4/6; 10YR 8/2; 7,5YR 4/3 - úmida); franco argilosa; moderada, muito grande, laminar e partes maciças; friável, não plástica e não pegajosa.
-----P3 – Neossolo Litólico Distrófico Típico-----	
A1	0-12/15cm; Bruno (7,5YR 4/3 úmida); franco arenosa; fraca, pequena a média granular; friável, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.
A2	12/15-18/25cm; Bruno escuro (10YR 3/3 úmida); franco arenosa; fraca, pequena a média granular; muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
CR/A	18/25-35/42cm; variegada (5YR 5/8; 10YR 7/8; 10YR 3/3- úmida); franco argilo arenosa; maça; muito/extremamente firme não plástica e não pegajosa.
R	35/42 – 50+
-----P4 – Argissolo Bruno Acinzentado Alítico Típico-----	
A1	0-12cm; Bruno acinzentado escuro (10YR 4/2 úmida); franco arenosa; moderada, média a grande, blocos subangulares/ fraca, pequena, granular; muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
A2	12-28cm; Bruno muito escuro (10YR 2/2 úmida); franco arenosa; moderada, média a grande, blocos subangulares/ fraca, pequena, granular; muito friável não plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
BA	28-55/58cm; Preto (10YR 2/1 úmida); franco argilo arenosa; moderada, média a grande, blocos subangulares/ fraca, pequena, granular; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
Bt1	55/58-75/77cm; Bruno escuro (10YR 3/3 úmida); franco argilo arenosa; fraca a moderada, média, blocos subangulares/ moderada, grande, laminar; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
Bt2	75/77-95cm; Bruno escuro (7,5YR 3/2), mosqueado Amarelo avermelhado (7,5YR 6/8 úmida); argila; fraca a moderada, média, blocos subangulares/ moderada, grande, laminar; muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
C	95- 110+cm; Bruno amarelado (10YR 5/6 úmida); franco argilo arenosa; friável plástico e pegajoso.

Hz = Horizontes; Horizontes Bt do P1 e C do P4 foram determinados por tradagem.

em parte atribuída ao baixo teor de ferro no material de origem (KÄMPF & CURTI, 2000). A presença de mosqueados, constatada no horizonte Bt2 do perfil P4, pode estar relacionada com a posição do perfil em relevo suave ondulado, com influência de drenagem próxima à área de coleta desse perfil de solo (BUOL et al., 2003). Os perfis P1, P2 e P4 apresentaram agregados com estrutura de tamanho médio a grande em grau moderado de desenvolvimento, em blocos

subangulares. Esse tipo e grau de estrutura são comuns em horizontes B texturais, formados por lessivagem (SCHNEIDER et al., 2007).

O aumento do conteúdo de argila nos horizontes BA e B dos solos estudados (Tabela 2) foi suficiente para a caracterização do horizonte B textural (Bt) nos perfis P1, P2 e P4, sendo que, no perfil P2, verificou-se mudança textural abrupta (EMBRAPA, 2006). Os valores da relação argila fina:argila total

Tabela 2 - Atributos físicos dos perfis de solos.

Hz	AF	AG	Argila	Silte	Ca	B/A	VU	AF:AT	Argila F/ Argila	Silte/ Argila	GF	ASE
	g kg <sup>-1</sup>				%						%	m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
-----P1 – Argissolo Amarelo Distrófico Típico-----												
A1	150	580	90	180	0		0,08	0,21	0,68	1,93	59	6,86
A2	130	580	120	180	1		-0,15	0,18	0,69	1,53	33	5,03
A3	130	520	160	190	1		-0,48	0,20	0,69	1,21	33	10,40
AB	130	340	260	270	4		0,48	0,27	0,71	1,05	33	18,23
BA	110	320	330	240	5	2,33	0,13	0,24	0,74	0,73	48	24,24
Bt	100	330	360	210	5		-	0,23	0,75	0,57	55	24,99
-----P2 – Argissolo Amarelo Distrófico Abrúptico-----												
A1	200	530	120	160	2		-0,10	0,28	0,71	1,35	52	7,77
A2	170	480	160	190	4		-0,23	0,26	0,67	1,20	45	5,42
Bt1	130	340	320	210	10	2,19	0,10	0,27	0,78	0,65	41	23,39
Bt2	70	270	490	170	10		-0,31	0,20	0,72	0,35	59	32,48
C	130	270	390	220	2		-	0,32	0,59	0,55	50	28,91
-----P3 – Neossolo Litólico Distrófico Típico-----												
A1	170	460	190	180	13		-0,12	0,26	0,67	0,96	47	14,12
A2	150	440	180	230	22		-0,11	0,25	0,71	1,25	28	17,03
CR/A	140	390	230	240	20		-	0,26	-	1,08	70	16,28
-----P4 – Argissolo Bruno Acinzentado Alítico Típico-----												
A1	100	610	130	170	11		-0,47	0,14	0,73	1,30	65	12,50
A2	170	470	140	220	6		-0,15	0,26	0,71	1,52	45	8,28
BA	140	390	230	240	2	2,14	0,32	0,26	0,76	1,08	50	14,36
Bt1	110	400	310	180	5		-0,27	0,21	0,83	0,58	54	24,78
Bt2	100	290	430	180	12		0,18	0,26	0,84	0,42	55	32,18
C	120	380	300	200	13		-	0,24	0,72	0,68	61	23,21

\* Hz = horizontes; AF = areia fina; AG= areia grossa; Ca = Cascalho; B/A = relação textural B/A (média da argila total no horizonte B – excluído o BC / média de argila total no horizonte A, EMBRAPA, 2006); VU= índice de uniformidade; GF = grau de floculação; ASE = área superficial específica; Argila F = argila fina.

aumentaram nos horizontes com acúmulo de argila (BA e Bt) (Tabela 2), sendo de forma gradual no perfil P1 e mais acentuada nos perfis P2 e P4. O transporte de partículas mais finas (menores que 0,2µm) pode ter sido facilitado pelo menor grau de floculação (GF) dos horizontes transicionais (A2, AB), em comparação aos outros horizontes (Tabela 2). Esses dados reforçam a hipótese de ocorrência de lessivagem formando gradiente textural (PHILLIPS, 2007), embora não tenham sido observados filmes de argila revestindo as estruturas (cerosidade). Além disso, nos perfis P2 e P4, esse padrão pode estar indicando translocação vertical e horizontal de argila ao longo da encosta (SANTOS et al., 2010). Os valores de índice de uniformidade (VU) inferiores a 0,6 em todos os horizontes e a relação areia fina:areia total, com amplitudes dos valores não superiores a 0,12 para um mesmo perfil (Tabela 2), indicaram ausência de descontinuidade litológica (SCHAETZL, 1998). A ASE variou de 5,0 a 32,5m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (Tabela 2) e apresentou relação positiva com a argila total (R<sup>2</sup>=0,932; P<0,01).

Os solos mostraram restrita reserva de nutrientes e alta acidez (Tabela 3), conforme já constatado em solos desenvolvidos de granito na mesma região (SCHNEIDER et al., 2008). A saturação por bases, inferior a 50% em todos os horizontes, caracteriza solos distróficos (EMBRAPA, 2006). No perfil P4, os teores de Al extraível superiores a 4cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> e a atividade de argila superior a 20cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> nos horizontes BA e Bt2 indicaram a ocorrência do caráter alítico neste solo (EMBRAPA, 2006). O índice Ki foi superior a 2,2 em todos os perfis de solos, com exceção do horizonte C do perfil P2 e do Bt2 do perfil P4, que apresentaram Ki 2,0 e 1,7, respectivamente (Tabela 4). Esses valores indicam solos com intemperismo em grau intermediário, com presença de argilominerais 2:1 e 2:1:1. OLIVEIRA (2011), no entanto, aponta inconsistências do método para solos com pouca argila.

A relação Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>d/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>s, indicativa da transformação dos silicatos contendo Fe<sup>2+</sup> em óxidos de Fe<sup>3+</sup>, apresentou valores de 0,49 a 0,66 para os

Tabela 3 - Análise química dos perfis de solos.

Hz	CO g kg <sup>-1</sup>	pH H <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H+Al	SB	Al <sup>3+</sup>	CTC pH7	V %	Al	T cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>
-----P1 – Argissolo Amarelo Distrófico Típico-----													
A1	12,0	5,3	1,90	0,70	0,31	0,04	3,9	2,9	0,30	6,8	43	9	73
A2	8,0	5,1	0,90	0,20	0,15	0,03	4,7	1,3	1,20	5,9	21	48	51
A3	6,0	5,2	1,10	0,50	0,18	0,04	5,7	1,8	1,60	7,5	24	47	47
AB	6,0	5,2	1,30	0,80	0,16	0,04	6,2	2,3	2,30	8,5	27	50	32
BA	5,0	5,3	1,50	1,10	0,20	0,05	6,4	2,8	2,30	9,2	30	45	28
Bt	3,0	5,3	1,80	1,60	0,23	0,06	4,8	3,7	1,90	8,5	43	34	23
-----P2 – Argissolo Amarelo Distrófico Abruptico-----													
A1	12,0	5,3	1,20	0,60	0,30	0,02	4,4	2,1	1,00	6,5	32	32	56
A2	8,0	5,1	0,90	0,40	0,26	0,03	5,3	1,6	1,70	6,9	23	52	44
Bt1	8,0	5,1	1,20	0,70	0,21	0,02	7,6	2,1	2,90	9,7	22	58	30
Bt2	6,0	5,4	1,30	1,70	0,25	0,03	7,3	3,3	3,20	10,5	31	49	22
C	4,0	5,3	1,10	1,70	0,17	0,03	5,8	3,0	2,80	8,8	34	48	23
-----P3 – Neossolo Litólico Distrófico Típico-----													
A1	15,0	4,8	0,90	0,50	0,22	0,03	7,2	1,6	2,50	8,9	18	60	47
A2	12,0	4,8	0,80	0,40	0,10	0,03	6,6	1,3	3,00	8,0	17	69	44
CR/A	7,0	5,1	0,60	0,30	0,06	0,05	6,6	1,0	3,00	7,6	13	75	34
-----P4 – Argissolo Bruno Acinzentado Alítico Típico-----													
A1	19,0	4,8	2,50	1,10	0,30	0,06	7,1	3,9	0,80	11,1	35	17	87
A2	8,0	4,9	1,20	0,40	0,11	0,03	5,9	1,7	1,90	7,6	23	52	53
BA	9,0	4,8	0,60	0,10	0,08	0,03	11,5	0,8	4,80	12,3	7	85	55
Bt1	11,0	4,7	0,50	0,10	0,09	0,04	9,1	0,7	3,20	9,8	7	81	31
Bt2	7,0	4,2	0,90	0,50	0,09	0,05	11,1	1,5	5,60	12,6	12	78	29
C	1,0	5,1	0,90	0,80	0,10	0,05	5,4	1,8	3,20	7,2	25	63	24

Hz = horizontes; CO = carbono orgânico; SB = soma de bases; V = saturação por bases; T = atividade da fração argila.

horizontes BA e B dos perfis P1, P2 e P4, indicando intemperismo em grau intermediário (KÄMPF & CURI, 2000). O perfil P3 apresentou relações Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>d/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>s inferiores a 0,6, indicando perfil de solo pouco desenvolvido. A relação Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>o/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>d variou de 0,03 a 0,25 (Tabela 4), e o perfil P4 apresentou as maiores relações, indicando um maior conteúdo de formas de baixa cristalinidade dos óxidos de ferro, quando comparado aos outros perfis, decorrente da drenagem e do teor de carbono orgânico, com reflexos na dinâmica do ferro (CAMPOS et al., 2012; KÄMPF & CURI, 2000; SCHWERTMANN & KAMPF, 1983).

A composição mineralógica da rocha moída apresentou, com base na intensidade das reflexões nos difratogramas, uma dominância de quartzo e feldspatos (d=0,334 e 0,426nm e d=0,289 e 0,348nm, respectivamente). Esses minerais também

se mostraram presentes na TFSA de todos os solos (Figura 1), onde ocorrem associados com caulinitas e minerais 2:1 ou 2:1:1 (d=0,446 e 0,718nm e d=1,4nm, respectivamente). A presença de feldspatos e minerais 2:1 ou 2:1:1 sugere um grau de intemperismo pouco avançado dos solos.

Os perfis P1 e P4, encontrados em condições de relevo suave ondulado, são semelhantes quanto à textura e profundidade. No SiBCS, o perfil P1 foi classificado como Argissolo Amarelo Distrófico típico e o perfil P4 Argissolo Bruno Acinzentado Alítico típico. No Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 2010), os perfis P1, P2 e P4 enquadram-se na classe Typic Hapludults, sendo o P2 classificado como Argissolo Amarelo Distrófico abruptico (EMBRAPA, 2006). O perfil P3, apesar de encontrar-se em uma encosta inferior, com



Tabela 4 - Teores de ferro e relações, Al, Si, Ti, Mn e K (obtidos pelo ataque sulfúrico) e índice Ki dos perfis de solos.

Hz	--DCB e Ox. Amônio--		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3d</sub>	Ataque sulfúrico					Fe <sub>2</sub> O <sub>3d</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3s</sub>	Ki
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3d</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3o</sub>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3s</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O		
-----g kg <sup>-1</sup> -----										
-----P1 – Argissolo Amarelo Distrófico Típico-----										
A1	5,0	0,8	0,16	10,3	34,3	20,8	1,6	1,6	0,49	2,8
A2	8,2	0,8	0,09	11,0	34,8	23,0	1,6	1,5	0,74	2,6
A3	10,0	0,7	0,07	13,7	51,3	36,3	2,2	2,2	0,73	2,4
AB	11,4	0,9	0,08	21,1	101,3	62,5	3,3	3,6	0,54	2,8
BA	13,7	1,1	0,08	23,5	109,8	78,3	3,4	4,3	0,59	2,4
Bt	14,2	0,9	0,06	23,8	114,5	79,6	3,2	4,2	0,60	2,4
-----P2 – Argissolo Amarelo Distrófico Abrupto-----										
A1	7,5	0,6	0,08	10,1	48,8	25,9	1,5	1,3	0,74	3,2
A2	8,6	0,7	0,08	10,3	49,8	28,2	1,3	1,5	0,83	3,0
Bt1	14,9	0,9	0,06	22,7	127,2	84,3	2,9	4,0	0,66	2,6
Bt2	18,9	0,7	0,04	29,9	177,3	125,7	2,8	4,9	0,63	2,4
C	19,5	0,6	0,03	31,4	146,2	123,9	2,1	5,3	0,62	2,0
-----P3 – Neossolo Litólico Distrófico Típico-----										
A1	8,2	0,6	0,10	13,8	97,7	53,0	1,8	2,6	0,60	3,1
A2	9,3	0,5	0,08	17,1	104,5	69,9	2,3	3,3	0,54	2,5
CR/A	9,6	0,5	0,07	17,6	116,6	78,8	1,4	3,6	0,54	2,5
-----P4 – Argissolo Bruno Acinzentado Alítico Típico-----										
A1	6,5	1,4	0,22	10,1	53,8	29,6	1,9	1,8	0,64	3,1
A2	6,3	1,2	0,19	10,2	48,4	30,0	1,9	1,8	0,61	2,7
BA	7,7	1,9	0,24	13,8	85,0	48,9	2,6	2,4	0,56	3,0
Bt1	9,7	2,5	0,25	19,9	106,6	73,0	2,9	3,1	0,49	2,5
Bt2	12,0	1,5	0,13	24,0	81,9	81,1	3,3	3,7	0,50	1,7
C	12,9	0,9	0,07	22,4	116,7	66,4	2,6	2,8	0,57	3,0

Fe<sub>2</sub>O<sub>3d</sub> = teores de óxidos de ferro obtidos pela extração ditionito citrato bicarbonato de sódio (DCB) a 80°C; Fe<sub>2</sub>O<sub>3o</sub> = teores de óxidos de ferro obtido por extração com oxalato de amônio e Fe<sub>2</sub>O<sub>3s</sub> = teores de óxidos de ferro obtido por ataque sulfúrico.

declividade de 15%, apresentou contato lítico em profundidade inferior a 50cm. O material de origem pouco fraturado pode ter restringido a infiltração de água e o intemperismo. A ausência do horizonte B pedogenético o caracterizou como Neossolo Litólico Distrófico típico (EMBRAPA, 2006) e Lithic Udorthents (SOIL SURVEY STAFF, 2010).

## CONCLUSÃO

O aumento da relação argila fina:argila total em profundidade, relações texturais maiores que 2,0, a diminuição do grau de flocculação em horizontes transicionais e o aumento das reflexões de caulinita e dos teores de óxidos de ferro nos horizontes subsuperficiais sugerem a ocorrência de lessivagem na formação do gradiente textural dos solos. Essas características, associadas aos altos valores de Ki, valores intermediários para CTC da argila e relação Fe<sub>2</sub>O<sub>3d</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3s</sub>, e a presença de minerais alteráveis,

indicam a ocorrência de lessivagem expressiva, mesmo em perfis com desenvolvimento pedogenético pouco avançado.

A distribuição dos solos na topossequência mostrou a ocorrência de Argissolos Amarelos e Bruno Acinzentados (Ultisols) nas posições de topo e sopé da topossequência em condições de relevo suave ondulado; de Argissolo Amarelo (Ultisol) na encosta superior; e de Neossolo Litólico (Entisol) na encosta inferior, nas condições de relevo ondulado a forte ondulado.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão das bolsas de estudo e produtividade em pesquisa (INDA, A. V.) e pelo auxílio financeiro no âmbito do Edital Universal-2009 (processo 470718/2009-9), e ao Luciano Macedo, proprietário da área em estudo.

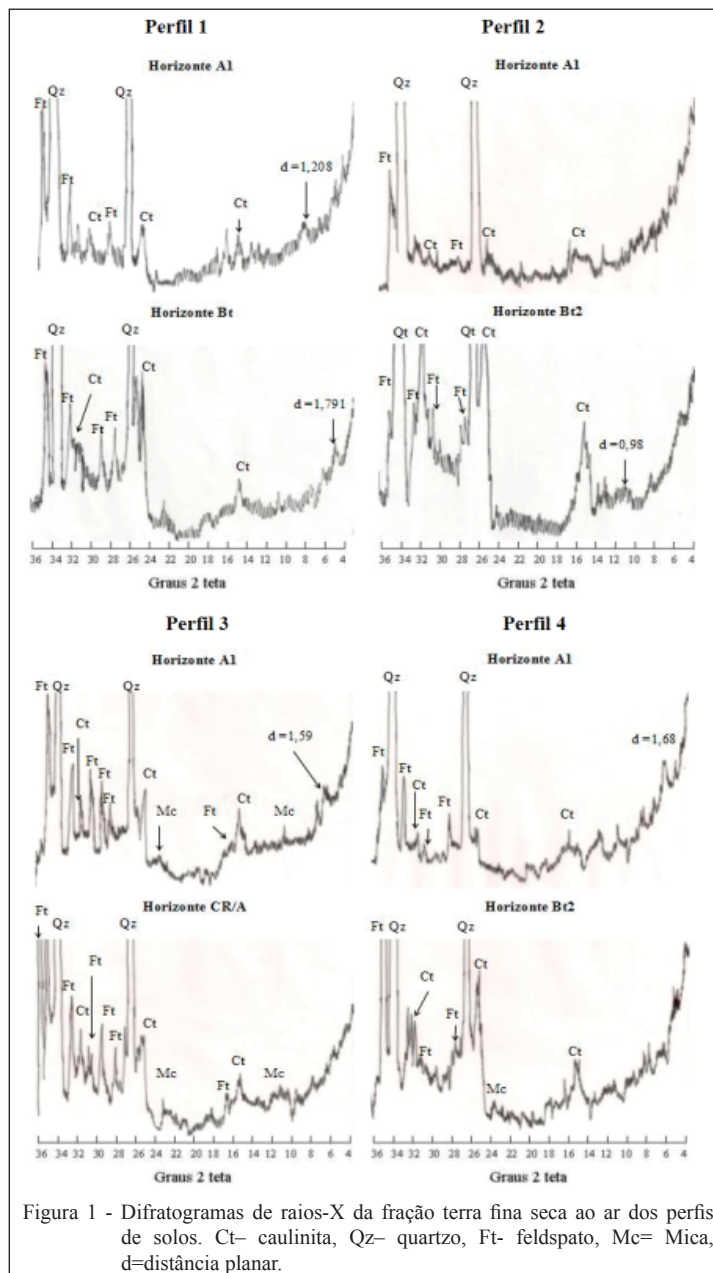


Figura 1 - Difratomogramas de raios-X da fração terra fina seca ao ar dos perfis de solos. Ct= caulinita, Qz= quartzo, Ft= feldspato, Mc= Mica, d=distância planar.

## REFERÊNCIAS

- BORTOLUZZI, E.C. et al. Mineralogia de partículas envolvidas na formação de gradiente textural em um Argissolo subtropical. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.3, p.997-1007, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000300009&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000300009&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 22 ago. 2012. doi: 10.1590/S0100-06832008000300009.
- BUOL, S.W. et al. *Soil genesis and classification*. 5.ed. Ames: The Iowa State University, 2003. 494p.
- CAMPOS M.C.C. et al. Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea-terra firme na região de Humaitá (AM). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, n.2, p.325-336, 2012. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832012000200002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000200002&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 22 ago. 2012. doi: 10.1590/S0100-06832012000200002.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 221p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306p.

- JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis--advanced course**. Madison, Wisconsin: Published by the Author, 1956. 991p.
- KÄMPF, N.; CURTI, N. Óxidos de ferro: Indicadores de ambientes pedogênicos. In: NOVAIS, R.F. et al. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. V.1, p.107-138.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Proceedings Clays and Clay Mineral Conference**, v.7, p.317-327, 1960.
- OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada**. 4.ed. Jaboticabal: FEALQ, 2011. 414p.
- PHILIPP, R.P. Geologia de Porto Alegre. In: HASENACK; H. et al. (Coord.). **Diagnóstico ambiental de Porto Alegre**: geologia, solos, drenagem, vegetação/ ocupação e paisagem. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008. 84p.
- PHILLIPS, J.D. Development of texture contrast soils by combination of bioturbation and translocation. **Catena**, v.70, p.92-104, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816206001585>>. Acesso em: 22 ago. 2012.
- QUIRK, J.P. Significance of surface areas calculated from water vapour sorption isotherms by the use of the BET equation. **Soil Science**, v.80, n.6, p.423-430, 1955. Disponível em: <[http://journals.lww.com/soilsci/Citation/1955/12000/Significance\\_of\\_Surface\\_Areas\\_Calculated\\_From.1.aspx](http://journals.lww.com/soilsci/Citation/1955/12000/Significance_of_Surface_Areas_Calculated_From.1.aspx)>. Acesso em: 02 abr. 2012.
- SANTOS, A.C. et al. Gênese e classificação de solos numa topossequência no ambiente de Mar de Morros do médio Vale do Paraíba do Sul, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.4, p.1297-1314, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832010000400027&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000400027&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 22 ago. 2012. doi: 10.1590/S0100-06832010000400027.
- SANTOS, R.D. et al. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5.ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 92p.
- SCHAETZL, R. Lithologic discontinuities in some soils on drumlins theory, detection, and application. **Soil Science**, v.163, p.570-590, 1998. Disponível em: <[http://journals.lww.com/soilsci/Abstract/1998/07000/Lithologic\\_Discontinuities\\_in\\_Some\\_Soils\\_on.6.aspx](http://journals.lww.com/soilsci/Abstract/1998/07000/Lithologic_Discontinuities_in_Some_Soils_on.6.aspx)>. Acesso em: 22 ago. 2012.
- SCHNEIDER, P. et al. Solos de Porto Alegre. In: HASENACK; H. et al. (Coord.). **Diagnóstico ambiental de Porto Alegre**: geologia, solos, drenagem, vegetação/ ocupação e paisagem. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008. 84p.
- SCHNEIDER, P. et al. **Morfologia do solo**: subsídio para caracterização e interpretação de solos a campo. Guaíba: Agrolivros, 2007. 72p.
- SCHWERTMANN, U. Differenzierung der eisenoxide des bodens durch extraction mit ammoniumoxalat-lösung. **Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde**, v.105, n.3, p.194-202, 1964.
- SCHWERTMANN, U.; KÄMPF, N. Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n. 3, p.251-255, 1983.
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 11.ed. Washington: United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service, 2010. 338p.