

SUMNER, M. E.; FARINA, P. M. W.; HURST, V. J. Magnesium fixation – a possible cause of negative yield responses to lime applications. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Baltimore, v. 9, p. 995-1007, 1978.

VOLKOFF, B.; MELFI, A.J.; CERRI, C.C. Solos podzólicos e cambissolos eutróficos do alto rio Purus (Estado do Acre). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 13, p. 363-372, 1989.

WADT, P.G.S. Manejo de Solos Ácidos do Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 28 p. (Série Documentos, 79)

WADT, P.G.S.; SILVA, J.R.T. da; FURTADO, S.C. Dinâmica de nutrientes com ênfase para as condições de solos do Estado do Acre. In: WADT, P.G.S. Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre. 2005. p. 175-228.

MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA DOS SOLOS DA IX REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO DE SOLOS DO ESTADO DO ACRE

Sebastião Barreiros Calderano, Amaury de Carvalho Filho, José Francisco Lumbreras, Gilson Gregoris.

E-mail: sebast@cnps.embrapa.br, amaury@cnps.embrapa.br, jflum@cnps.embrapa.br, gilson@cnps.embrapa.br.

Embrapa Solos

INTRODUÇÃO

Por sua importância na definição de várias propriedades dos solos, a composição mineralógica da fração argila constitui um tema de destacado interesse, tanto para fins utilitários, como para investigações voltadas para o reconhecimento dos processos de gênese e transformação dos minerais em ambientes pedológicos. Nesse contexto, a ocorrência de quantidades expressivas de argilominerais expansivos em solos do Acre, em contraste com as condições climáticas prevaletentes no ambiente amazônico, tem estimulado diversos estudos sobre sua composição mineralógica (Gama, 1986; Volkoff, 1989; Marques et.al., 2002). São em geral direcionados para reconhecimento das condições pedogenéticas e compreensão de algumas de suas características peculiares, dentre as quais a ocorrência de teores muito elevados de alumínio trocável, apesar da alta atividade da fração argila, característica de especial relevância, para distinção taxonômica de solos pelo para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, (Embrapa, 2006; Santos et. al., 2009).

O presente trabalho objetivou identificar os minerais presentes na fração argila dos solos da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos do estado do Acre, como subsídio a interpretações referentes às gênese e avaliação de critérios de distinção taxonômica a eles relacionados.

MATERIAL E MÉTODOS

Para as análises mineralógicas foram selecionados dois ou três horizontes de cada perfil, sendo que nos perfis AC-P01 e AC-P02, foi analisado apenas um horizonte. A escolha se baseou nas características morfológicas e resultados de análises físicas e químicas, e na seleção prévia de horizontes para análise de micromorfologia. Apenas o perfil AC-P13 não foi analisado.

A fração argila ($\varnothing < 0,002$ mm) foi separada no laboratório de física da Embrapa Solos, conforme Embrapa (1997).

As amostras foram analisadas em condição “ao natural” e sob os seguintes tratamentos: desferrificação por CBD (citrato-bicarbonato-ditionito de sódio), de acordo com Mehra e Jackson (1960); saturação com potássio (com aquecimento em diferentes temperaturas) e saturação com magnésio. As lâminas foram preparadas de forma orientada, pelo método do esfregaço.

Foram confeccionadas quatro lâminas de cada amostra: uma referente à amostra não tratada (Am.Total); a segunda referente à amostra desferrificada; a terceira à amostra desferrificada e saturada com magnésio (Mg), que foi posteriormente solvatada com etileno glicol (MgEG), com leituras executadas em ambas as condições; a quarta referente à amostra desferrificada e saturada com potássio (K), e submetida a tratamento térmico após montagem da lâmina, com aquecimento por duas horas em forno mufla, nas temperaturas de 110° C, 350° C e 550° C, com leituras intercaladas. Os procedimentos metodológicos referentes aos tratamentos supracitados encontram-se detalhados em Embrapa (1997) e Calderano et. al. (2009).

A análise mineralógica foi realizada por difratometria de raios-X em um difratômetro RIGAKU, modelo Miniflex II, utilizando-se tubo de cobre como fonte de radiação *K α* e monocromador de grafite, com tensão de 30 kV e corrente de 15 mA. As leituras foram feitas por passo, com variação de 0,050° s⁻¹. O intervalo de varredura para todas as amostras foi de 2° a 45° (2 θ).

Os difratogramas foram confeccionados usando o programa Microcal Origin 6.0. São apresentados na seguinte ordem: amostra não tratada (Am.total); amostra desferrificada e saturada com magnésio (Mg) e posteriormente solvatada com etileno glicol (MgEG); amostra desferrificada e saturada com K com varreduras executadas à temperatura ambiente (K25) e, após aquecimento, nas temperaturas assinaladas (K110, K350 e K550). Os valores referentes ao espaçamento *d* são apresentados em nanômetros.

A identificação dos minerais foi realizada com base nas tabelas do JCPDS, constantes em Berry (1974), além de tabelas e critérios de Thorez (1976), Brindley e Brown (1984) e Moore e Reynolds (1997). Informações adicionais foram obtidas em Barnishel e Bertsch (1989), Dixon e Weed (1989), Fontes (1990), Hughes et.al. (1994), Kampf (1995b) e Resende et al. (2005). É importante destacar que a denominação dos argilominerais identificados se refere a um determinado grupo de minerais, e não a uma espécie isolada. A grafia dos nomes está de acordo com Branco (1987).

Os critérios utilizados para a identificação dos minerais são apresentados de forma mais detalhada no apêndice.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fração argila dos solos analisados foram identificados os seguintes minerais: caulinita, mica, esmectita, que têm maior dominância, seguidos de interstratificado caulinita-esmectita, vermiculita e vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, e ainda quartzo, além dos hidróxidos de ferro goethita e lepidocrocita, que ocorrem em proporções reduzidas, sobretudo o último.

De modo geral, há grande semelhança entre os difratogramas dos horizontes de um mesmo perfil de solo, o que indica certa homogeneidade da constituição mineralógica em profundidade, evidenciada inclusive naqueles em que o horizonte BC foi analisado. Entre os perfis, no entanto, diferenças na proporção dos minerais e, em grau bem menor, nos espécimes constituintes, são bem evidentes.

Dos minerais identificados, a caulinita encontra-se presente em todas as amostras analisadas. É identificada pelas reflexões a 0,720 nm, 0,358 nm e 0,238 nm, que desaparecem com o aquecimento da amostra K-saturada a 550°C (K550). As maiores concentrações desse argilomineral são observadas nos perfis AC-P02 (horizonte Bw2) e AC-P01 (Bxs), como indicam a elevada intensidade e a homogeneidade das reflexões de primeira e segunda ordens, que se apresentam bem formadas. Embora com menor expressão, esse mineral é ainda o principal constituinte da fração argila do perfil AC-P04 (Bt1, Bt2, BCf). Nos demais solos, tende a ocorrer em proporção

inferior aos argilominerais 2:1, considerados em conjunto.

A mica (termo inclusivo para illita) é também comum a todos os solos, como indicam as reflexões a 1,00 nm, 0,50 nm e 0,33 nm, e com menor intensidade a 0,25 nm, que permanecem estáveis em todos os tratamentos aplicados. O aumento de intensidade após aquecimento a 350° e 550°C se deve ao colapso dos outros argilominerais 2:1 presentes. Com exceção dos perfis AC-P01 e AC-P02, onde se encontra em pequena proporção, sua ocorrência é bastante expressiva em todos os solos, em especial no perfil AC-P04, com reflexões bem individualizadas, inclusive nos difratogramas da amostra não tratada.

A esmectita ocorre de forma bastante expressiva na maioria dos solos estudados, com destaque para os perfis AC-P07 (Bi e BC2), AC-P08 (Bt1 e Bt2), AC-P09 (Bt1 e Bt2), e AC-P11 (Bt e Bvf), em acordo com os valores mais elevados do índice Ki resultantes do ataque sulfúrico, e da atividade da fração argila. Sua presença é indicada pela reflexão a ~1,40 nm ($6,5^\circ 2\theta$) na amostra saturada com magnésio (Mg), com expansão para ~1,70 nm após o tratamento com etileno glicol (MgEG). A esmectita só não foi observada nos perfis AC-P01 e AC-P02; e nos horizontes do perfil AC-P04 ocorre apenas em proporções bastante reduzidas.

O interestratificado caulinita-esmectita ocorre nos perfis AC-P05 (BA, Bt1 e Btf2), AC-P10 (Bt1 e Bt2) e no horizonte Btf do perfil AC-P06. A presença deste argilomineral é evidenciada pela formação de uma banda ou “ombro” ao lado das reflexões da caulinita na amostra saturada com Mg, após o tratamento com etileno glicol (MgEG). É melhor visualizada junto à reflexão a 0,720 nm (não deve ser confundida com a segunda reflexão da esmectita, que ocorre em algumas amostras, como por exemplo AC-P07, AC-P11 etc.).

Hughes et. al. (1994). sugerem que este argilomineral possa ser um excelente indicador da intensidade e duração do intemperismo em solos onde argilominerais 2:1 são abundantes no material de origem. Segundo os autores o interestratificado Ct-E se forma como um mineral intermediário durante o processo de caulinitização dos argilominerais 2:1. Esta transformação também foi observada por Kampf et al. (1995a), que atribuíram a sua presença no solo como um estágio intermediário de alteração da esmectita na formação de caulinita e de óxidos de ferro.

A vermiculita foi observada apenas no horizonte Bt1 do perfil AC-P05, em proporção reduzida. Sua presença é evidenciada pela reflexão a ~1,40 nm ($6,5^\circ 2\theta$) na amostra saturada com magnésio, que permanece estável após o tratamento com etileno glicol (MgEG) e se contrai para 1,0 nm na amostra saturada com potássio.

Há também indícios da presença de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas nos perfis AC-P01 e AC-P02, inferida pela pequena reflexão a 1,40 nm, que persiste mesmo nos difratogramas K350.

Quanto aos óxidos de ferro, é registrada a presença de goethita, cuja reflexão principal, a ~0,415 nm, desaparece após desferrificação com citrato-bicarbonato-ditionito de sódio (CBD). É bem perceptível nos difratogramas dos perfis AC-P02, AC-P04, e AC-P06, e observada de forma mais discreta em AC-P05, AC-P08 e AC-P10. Verifica-se ainda a ocorrência de lepidocrocita, com reflexão principal a 0,626 nm, observada apenas nos perfis AC-P07 (horizonte Bi) e AC-P11 (horizonte Bt). Este mineral é, em geral, pouco comum em solos, devido às condições específicas necessárias à sua formação (Kämpf e Curi, 2000).

Em proporções restritas, observa-se também a presença de quartzo (perfis AC-P05 ao AC-P11), evidenciada pela pequena reflexão a 0,427 nm, estável em todos os tratamentos (sua reflexão principal a 0,334 nm ocorre associada com a de terceira ordem da mica).

Registra-se ainda a presença, em quase todos os difratogramas, de uma pequena reflexão a 0,307 nm, que persiste na amostra aquecida a 550°C, mas cuja identificação não pode ser confirmada, assim como a pequena reflexão a 0,467 nm no perfil P02.

Por outro lado, pequena reflexão a 1,40 nm no horizonte BC2 do perfil AC-P07, persistente após aquecimento (K550), pode referir-se à clorita. Do mesmo modo, nos dois horizontes do perfil AC-P08, a pequena reflexão a ~1,20 nm, resistente ao aquecimento (K550), pode indicar

a presença de esmectita com hidróxi-Al entrecamadas (EHE) ou mesmo de interestratificado clorita-esmectita

Uma estimativa da proporção relativa dos minerais que ocorrem na fração argila dos horizontes analisados, realizada com base na expressão dos difratogramas de raios-X, é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa da proporção relativa dos minerais constituintes da fração argila dos horizontes analisados.

Perfil	Horizonte	Mineralogia
AC-P01	Bxs	Caulinita >> mica > vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas.
AC-P02	Bw2	Caulinita >> mica > vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, goethita.
AC-P04	Bt1	Caulinita > mica > esmectita, goethita.
	Bt2	Caulinita > mica > esmectita, goethita
	BCf1	Caulinita > mica > esmectita, goethita
AC-P05	BA	Mica \cong esmectita \cong caulinita > interestratificado Ct-E, quartzo, goethita.
	Bt1	Mica \cong esmectita \cong caulinita > vermiculita > interestratificado Ct-E, quartzo, goethita.
	Btf2	Mica \cong esmectita \cong caulinita > interestratificado Ct-E, goethita
AC-P06	B1	Caulinita > mica \cong esmectita, goethita.
	Bt1	Caulinita > mica \cong esmectita, goethita
	Btf	Esmectita \cong mica \cong caulinita > interestratificado Ct-E, goethita
AC-P07	Bi	Esmectita >> mica > caulinita, lepidocrocita, quartzo.
	BC2	Esmectita >> mica > caulinita, quartzo.
AC-P08	Bt1	Esmectita >> mica > caulinita, quartzo, goethita
	Bt2	Esmectita >> mica > caulinita, quartzo
AC-P09	Bt1	Esmectita >> mica > caulinita, quartzo
	Bt2	Esmectita >> mica > caulinita, quartzo
AC-P10	Bt1	Mica \cong esmectita \cong caulinita > interestratificado Ct-E, goethita
	Bt2	Esmectita \geq mica > caulinita > interestratificado Ct-E, goethita
AC-P11	Bt	Esmectita >> mica \cong caulinita, lepidocrocita, quartzo.
	Bvf	Esmectita >> mica \cong caulinita, quartzo.

De acordo com a estimativa realizada, os solos estudados na IX RCC podem ser individualizados em quatro grupos, com as seguintes características mineralógicas:

Grupo 1 - predominância de caulinita (perfis AC-P01 e AC-P02);

Grupo 2 - caulinita predominante, com proporção considerável de minerais 2:1, principalmente mica (perfil AC-P04);

Grupo 3 - proporções equivalentes de caulinita, mica e esmectita, com predominância de minerais 2:1 (AC-P05, AC-P06, AC-P10)

Grupo 4 - predominância de esmectita (AC-P07, AC-P08, AC-P09, AC-P11).

Observa-se, nessa sequência, uma redução do grau de intemperização dos materiais constitutivos da fração argila, o que concorda, em linhas gerais, com o enquadramento taxonômico dos solos, com os perfis P02 (Latossolo Amarelo) e P01 (Espodossolo Humilúvico) em um extremo, e os solos de menor desenvolvimento pedogenético (Cambissolos, Vertissolo e Luvisolo), em outro. É indicada também pelos valores de K_i e K_r , e em especial pela atividade da fração argila, que parece ser a característica que melhor reflete a composição mineralógica dos solos (Tabela 2).

Não há, no entanto, relação mais específica entre aqueles grupamentos, ou tipos de solo, ou ainda a presença de determinado mineral, com os teores de Al trocável, que podem ser muito distintos entre horizontes de um mesmo perfil (em geral com tendência a se elevarem em profundidade), apesar de apresentarem composição mineralógica similar, como pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Características químicas e constituição mineralógica, estimada por difratometria de raios-X, da fração argila de horizontes selecionados dos perfis de solo da IX RCC.

Identif. ⁽¹⁾	Horiz.	pH		Δ pH	Complexo Sortivo			Valor Sat.		Relações Moleculares		Atividade da fração argila		Agrupam. (mineralogia)	Constituição mineralógica
		Simb.	H ₂ O		KCl	Valor S	Al ⁺⁺⁺	Valor T	V	Al	Ki	Kr	(C corr.)		
					cmolc/kg			%		cmolc/kg					
EKo-1	Bxs	4,9	4,0	-0,9	0,4	3,2	15,0	3	89	1,68	1,60	44,8	28,9	1	caulinítico
LAd-2	Bw2	5,3	4,1	-1,2	0,3	1,3	1,8	17	81	1,70	1,34	6,8	4,8	1	caulinítico
PVal-4	Bt1	5,0	3,8	-1,2	0,5	4,4	6,7	7	90	1,78	1,30	21,1	15,6	2	caulinítico - micáceo (illítico)
PVal-4	Bt2	5,1	3,8	-1,3	0,3	7,9	11,7	3	96	1,43	1,10	21,7	18,6	2	caulinítico - micáceo (illítico)
PVal-4	BCf1	5,2	3,8	-1,4	0,3	7,9	12,4	2	96	2,04	1,53	21,1	19,3	2	caulinítico - micáceo (illítico)
PVal-5	BA	5,5	3,8	-1,7	7,6	3,3	13,4	57	30	3,42	2,53	38,1	32,4	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
PVal-5	Bt1	5,5	3,7	-1,8	8,4	9,6	20,9	40	53	3,16	2,51	37,1	34,2	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
PVal-5	Btf2	5,4	3,6	-1,8	6,1	14,4	22,7	27	70	3,37	2,57	40,8	38,4	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
PVal-6	B1	4,9	3,7	-1,2	1,4	5,8	10,2	14	81	2,89	2,15	27,0	18,4	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
PVal-6	Bt1	5,1	3,7	-1,4	2,0	6,7	11,4	18	77	2,71	2,01	26,4	20,2	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
PVal-6	Btf	5,0	3,7	-1,3	2,7	14,2	20,1	13	84	3,25	2,39	33,8	31,3	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
CXve-7	Bi	7,0	5,1	-1,9	43,6	0	43,6	100	0	3,22	2,52	72,3	69,7	4	esmectítico
CXve-7	BC2	8,7	7,0	-1,7	45,7	0	45,7	100	0	3,15	2,42	68,9	68,1	4	esmectítico
TCp-8	Bt1	5,9	4,1	-1,8	28,9	0,5	32,1	90	2	3,30	2,61	67,3	63,2	4	esmectítico
TCp-8	Bt2	6,0	3,8	-2,2	27,6	1,5	31,5	88	5	2,79	2,06	66,2	63,7	4	esmectítico
TCp-9	Bt1	5,5	3,6	-1,9	18,2	7,4	29,7	61	29	4,32	3,19	65,1	61,8	4	esmectítico
TCp-9	Bt2	5,5	3,6	-1,9	9,6	12,2	24,7	39	56	4,40	3,48	71,4	68,1	4	esmectítico
TCo-10	Bt1	5,7	3,7	-2,0	12,7	6,8	23,2	55	35	2,00	1,57	37,1	33,7	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
TCo-10	Bt2	5,5	3,7	-1,8	11,5	12,2	26,9	43	51	2,27	1,78	46,8	44,3	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
TXo-11	Bt	4,9	3,7	-1,2	19,5	8,2	33,1	59	30	3,07	2,48	51,9	45,9	4	esmectítico
TXo-11	Bvf	4,7	3,6	-1,1	20,8	16,0	42,9	48	43	3,48	2,72	53,0	49,7	4	esmectítico

(1) : Classificação do solo conforme Embrapa (2006) e Santos et. al. (2009), e número do perfil (AC-P)

Pequenas variações na constituição mineralógica podem ocorrer nos solos de um determinado grupo, ou mesmo entre horizontes de um perfil, conforme detalhado na descrição da mineralogia dos horizontes analisados, que é apresentada em apêndice.

CONCLUSÕES

Os principais argilominerais constituintes da fração argila dos solos da IX RCC são: caulinita, mica e esmectita, presentes em quase todos os horizontes analisados. Destaca-se a presença em algumas amostras de interstratificado caulinita-esmectita e de lepidocrocita.

De acordo com a composição mineralógica da fração argila, distingue-se quatro grupamentos de solos, que refletem diferentes estádios de intemperização: 1 - cauliniticos (perfis AC-P01 e AC-P02); 2 - caulinitico-micáceos (illíticos) (perfil AC-P04); 3 - de constituição mista (caulinita = mica = esmectita) (perfis AC-P05, AC-P06, AC-P10); 4 - esmectíticos (perfis AC-P07, AC-P08, AC-P09, AC-P11).

A mineralogia da fração argila não se reflete de forma direta na saturação por bases ou no teor de alumínio trocável dos solos.

APÊNDICE

Apêndice A - Difratogramas de Raios-X da Fração Argila

AC-P01 - Espodossolo Humilúvico Órtico

Foi analisado o horizonte Bxs. Os difratogramas, ordenados conforme os tratamentos (ver em métodos), são apresentados na Figura 1.

A fração argila deste horizonte é constituída por caulinita, mica e indícios de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas.

Pela intensidade e boa definição de suas reflexões a caulinita é predominante. A presença de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, embora em proporção muito reduzida, é sugerida pela reflexão a $\sim 1,40$ nm, sem apresentar deslocamento na amostra K350. Não foi possível se identificar o mineral correspondente à pequena reflexão a 0,306 nm (e 0,312 nm na amostra K550).

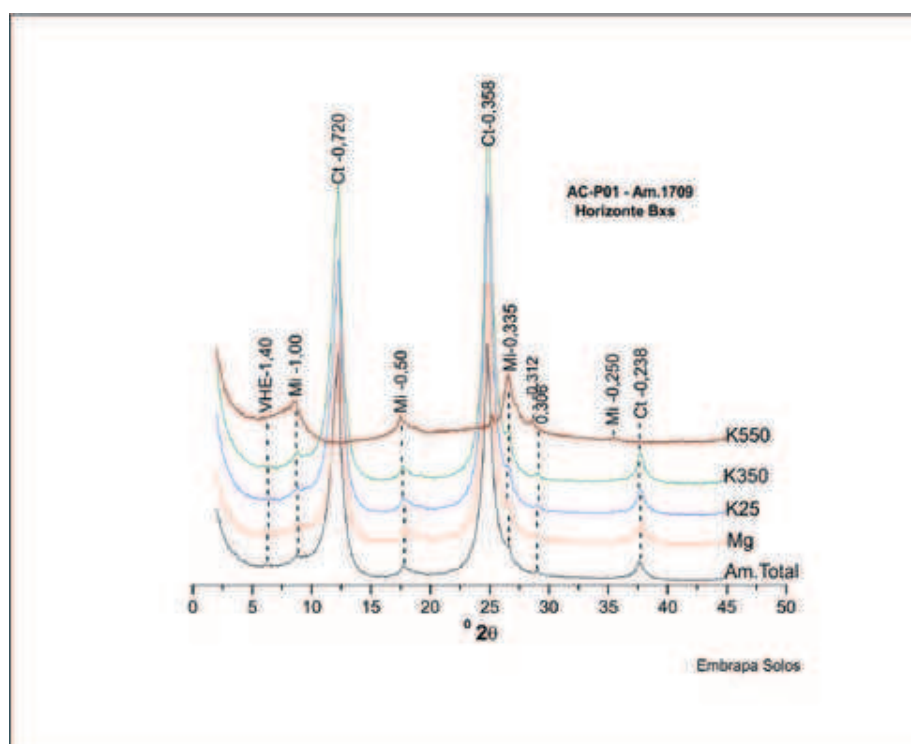


Figura 1. Difratogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bxs do perfil AC-P01. VHE - vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas; Mi – mica; Ct – caulinita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação $\text{CuK}\alpha$.

Caulinita >> mica > vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas

AC-P02 - Latossolo Amarelo Distrófico

Foi analisado o horizonte Bw2. Os difratogramas, ordenados conforme os tratamentos, são apresentados na Figura 2.

A fração argila deste horizonte é constituída por caulinita, mica, indícios de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas e goethita.

A caulinita é predominante com reflexões bem formadas e de elevada intensidade. À semelhança do perfil anterior, a presença de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, em proporções reduzidas, é sugerida pela reflexão a $\sim 1,40$ nm, sem apresentar deslocamento na amostra K350. Não foi possível se identificar o mineral correspondente à pequena reflexão a 0,306 nm (e 0,312 nm na amostra K550), assim como a 0,467 nm.

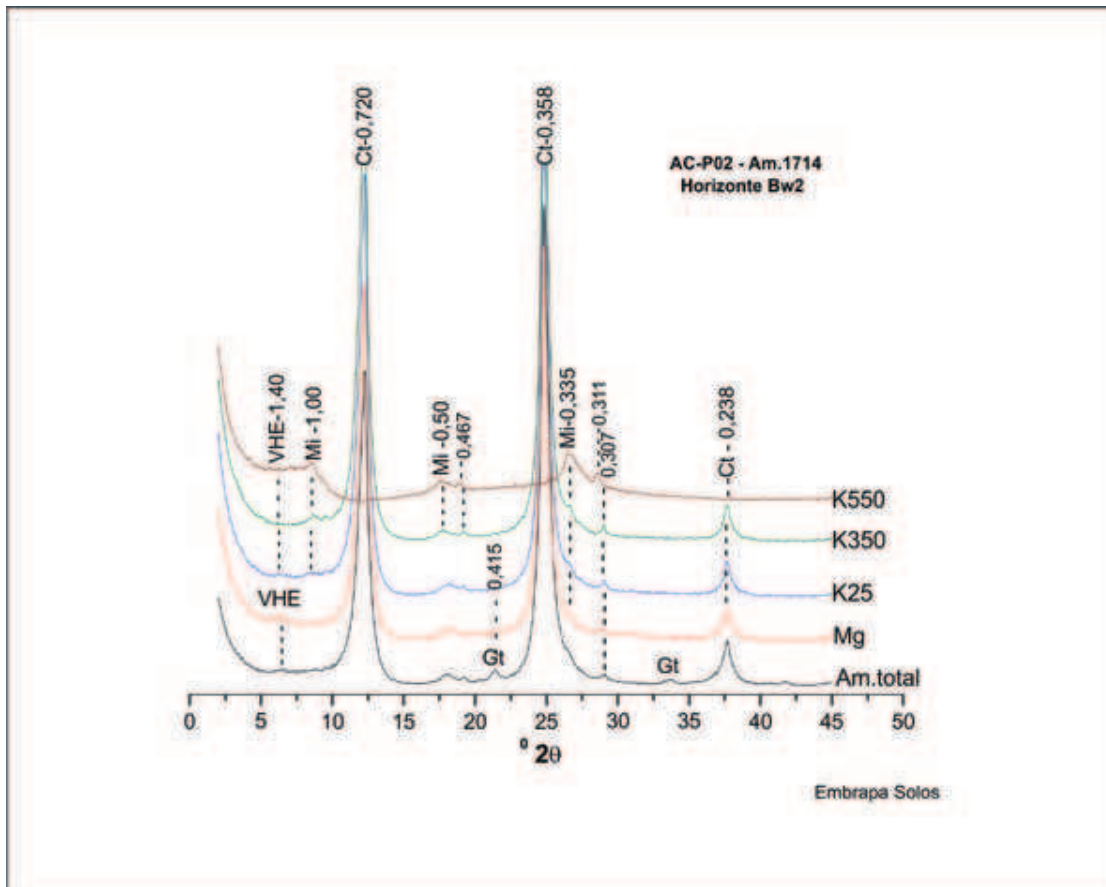


Figura 2 - Difratoigramas de raios-X da fração argila do horizonte Bw2 do perfil AC-P02. VHE - Vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas; Mi - Mica; Ct – Caulinita; Gt – Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α .

Caulinita >> mica > vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, goethita

AC-P04 - Argissolo Vermelho Alítico

Foram analisados os horizontes Bt1, Bt2 e BCf1. Os difratogramas, ordenados conforme os tratamentos, são apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente.

Verifica-se que há uma grande semelhança entre os difratogramas de todos os horizontes analisados, o que indica homogeneidade da constituição mineralógica em profundidade. A fração argila dos três horizontes analisados é constituída por caulinita, mica, esmectita e goethita

A caulinita é o mineral predominante com reflexões bem formadas e de mais elevada intensidade que os demais. Pelas características e intensidade de suas reflexões, a ocorrência da esmectita não é muito expressiva.

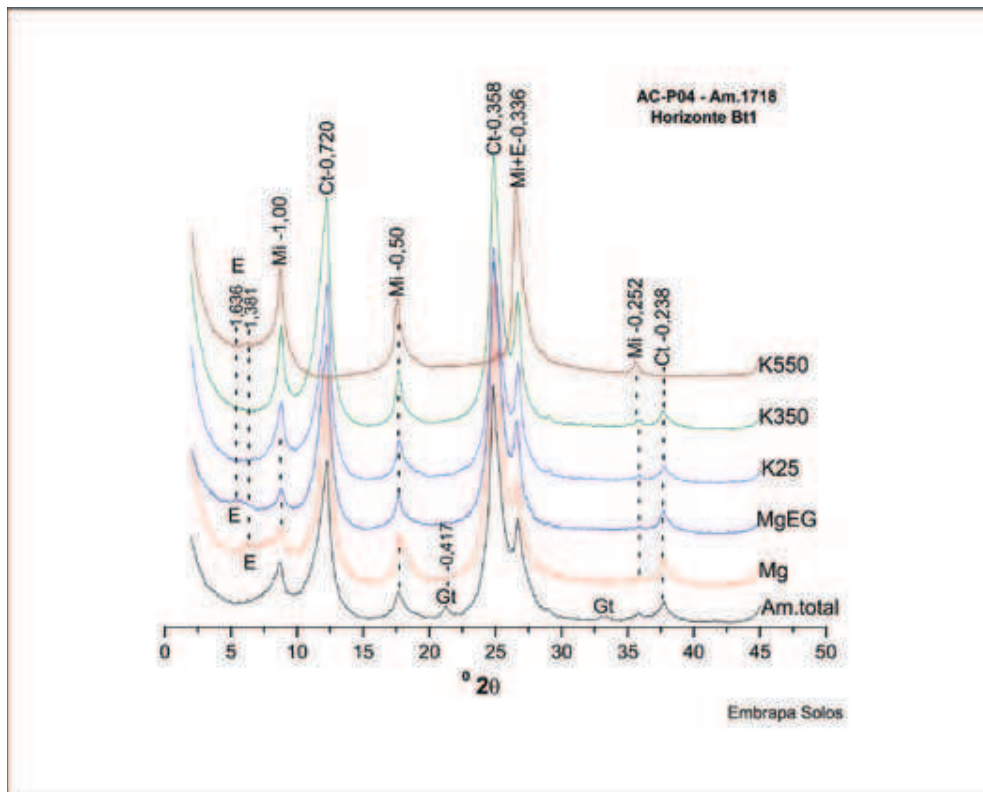


Figura 3 - Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P04 E – Esmeclita; Mi - Mica; Ct – Caulinita; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α .
Caulinita > mica > esmeclita, goethita

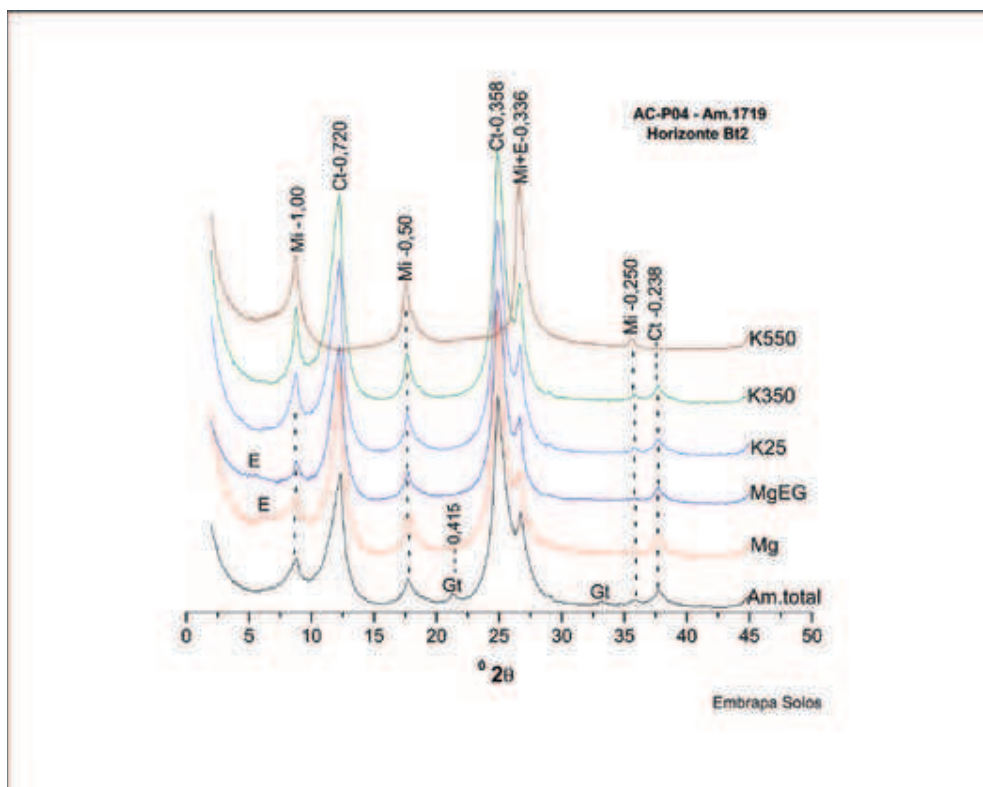


Figura 4 - Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt2 do perfil AC-P04. E – Esmeclita; Mi - Mica; Ct – Caulinita; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α .
Caulinita > mica > esmeclita, goethita

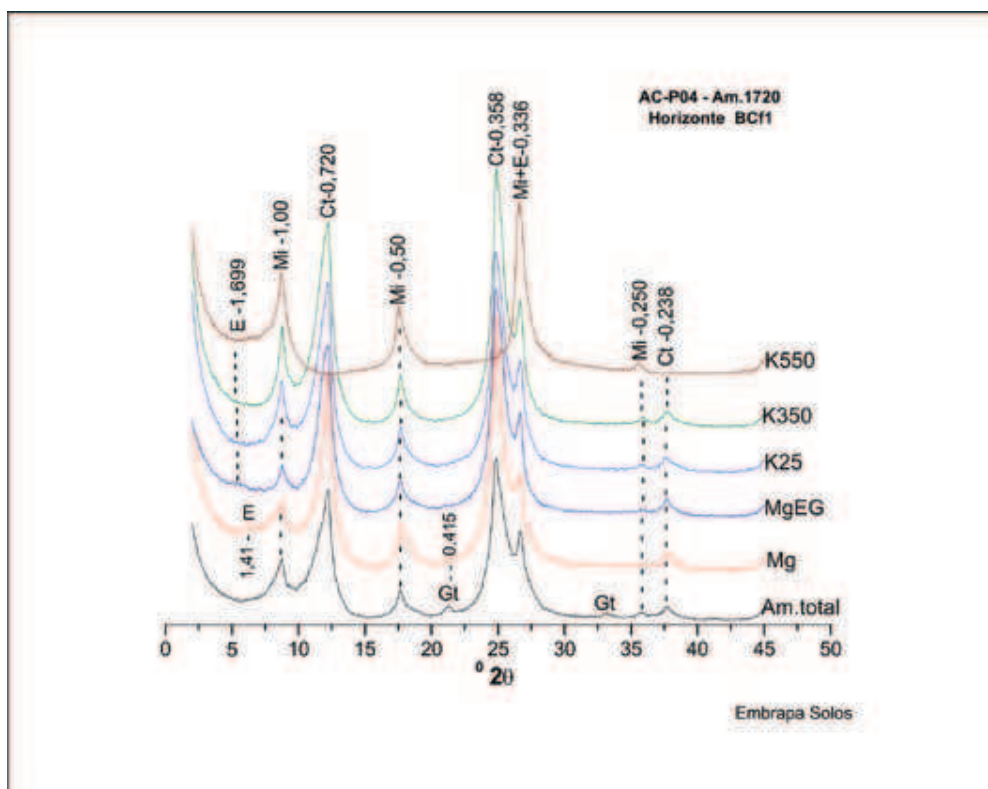


Figura 5 - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte BCf1 do perfil AC-P04 E – Esmectita; Mi - Mica; Ct – Caulinita; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α .

Caulinita > mica > esmectita, goethita

AC-P05 - Argissolo Vermelho Alítico

Foram analisados os horizontes BA, Bt1 e Btf2. Os difratogramas, ordenados conforme os tratamentos, são apresentados nas figuras 6, 7 e 8, respectivamente.

Verifica-se também neste perfil que há uma grande semelhança entre os difratogramas correspondentes dos três horizontes analisados, o que indica homogeneidade da constituição mineralógica em profundidade. A única variação observada é a presença de vermiculita no horizonte Bt1. A fração argila dos três horizontes analisados é constituída por caulinita, mica, esmectita, (vermiculita), interestratificado caulinita-esmectita, quartzo e indícios de goethita

Destaca-se a presença do interestratificado Ct-E, de forma bem evidente, nos três horizontes. Não há evidências da presença de EHE (esmectita com hidróxi-Al entrecamadas) neste perfil, ou de VHE (Bt1), conforme inferido pelo pico a 1,00 nm, após aquecimento a 350°C (K350), sem indícios de reflexões ou bandas de valores superiores a este, o que indica total contração do mineral.

É possível que haja uma equivalência entre a mica, a esmectita e a caulinita, na fração argila dos horizontes deste perfil (Tabela 1). Pode-se dizer, no entanto, que os minerais 2:1 (mica+esmectita principalmente) são predominantes sobre a caulinita.

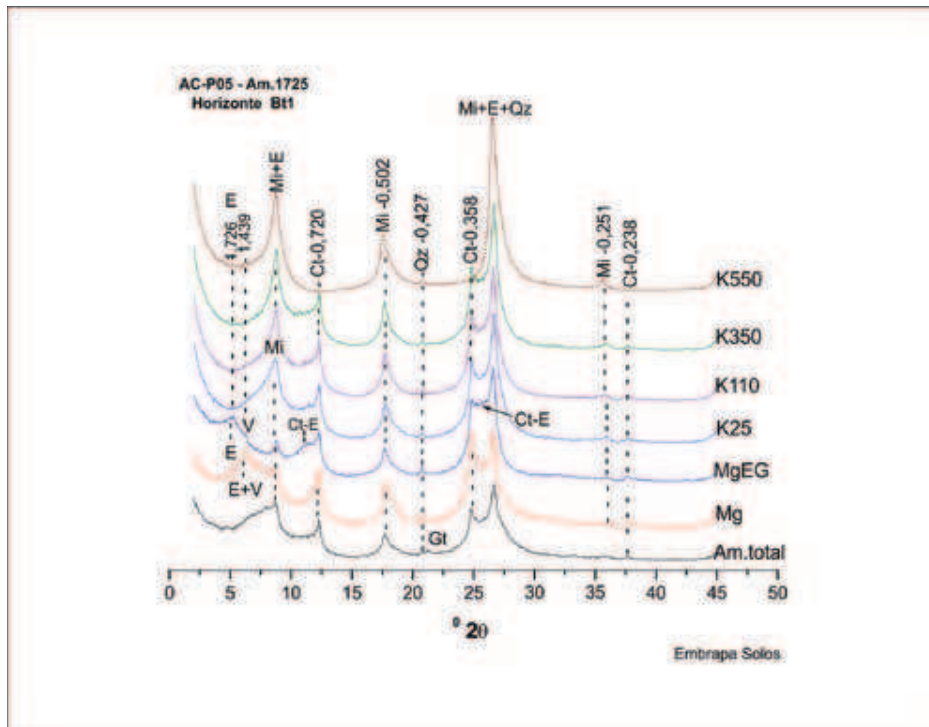


Figura 6 - Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte BA do perfil AC-P05. E – Esmectita; Mi – Mica; Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct – Caulinita; Qz - Quartzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação $\text{CuK}\alpha$.

Mica = esmectita = aulinita > interestratificado caulinita-esmectita, quartzo, goethita.

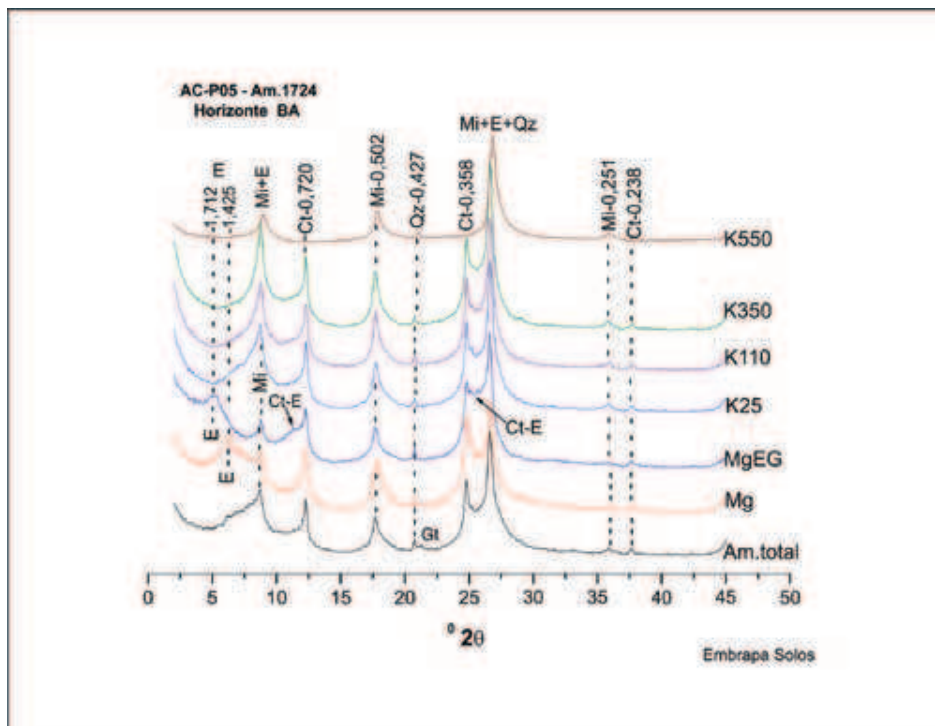


Figura 7 - Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P05. E – Esmectita; V – Vermiculita; Mi – Mica; Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação $\text{CuK}\alpha$.

Mica = esmectita = caulinita > vermiculita > interestratificado caulinita-esmectita, quartzo, goethita.

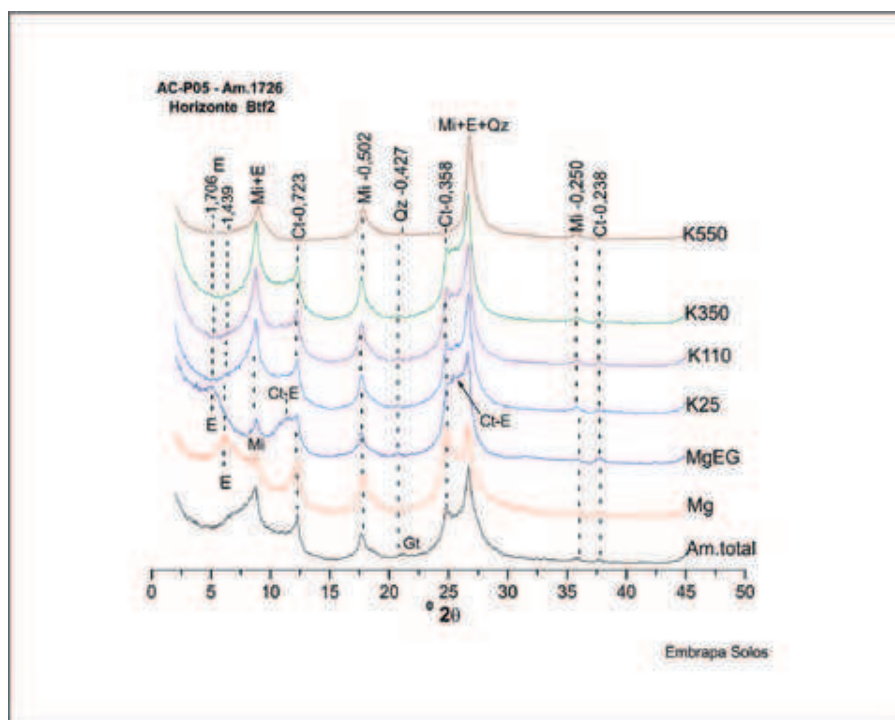


Figura 8 - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Btf2 do perfil AC-P05. E – Esmectita; Mi – Mica; Cl-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α .

Mica = esmectita = caulinita > interestratificado caulinita-esmectita, quartzo, goethita.

AC-P06 - Argissolo Vermelho Alítico

Foram analisados os horizontes B1, Bt1 e Btf. Os difratogramas são apresentados nas figuras 9, 10 e 11, respectivamente.

Como já observado anteriormente, verifica-se também neste perfil que há uma grande semelhança entre os difratogramas correspondentes dos três horizontes analisados. A única variação que merece ser destacada, é a presença de interestratificado caulinita-esmectita, no horizonte Btf, apesar desta ocorrência se dar de forma mais discreta do que no perfil anterior. Como destacado para o P05, não se observa evidências da presença de EHE, neste perfil.

A fração argila dos três horizontes analisados é constituída por caulinita, mica, esmectita, (interestratificado caulinita-esmectita), goethita e (quartzo).

Por estimativa, infere-se que a caulinita é predominante nos dois primeiros horizontes (Tabela 1), porém é possível afirmar-se que os minerais 2:1 (mica+esmectita) predominam sobre a caulinita.

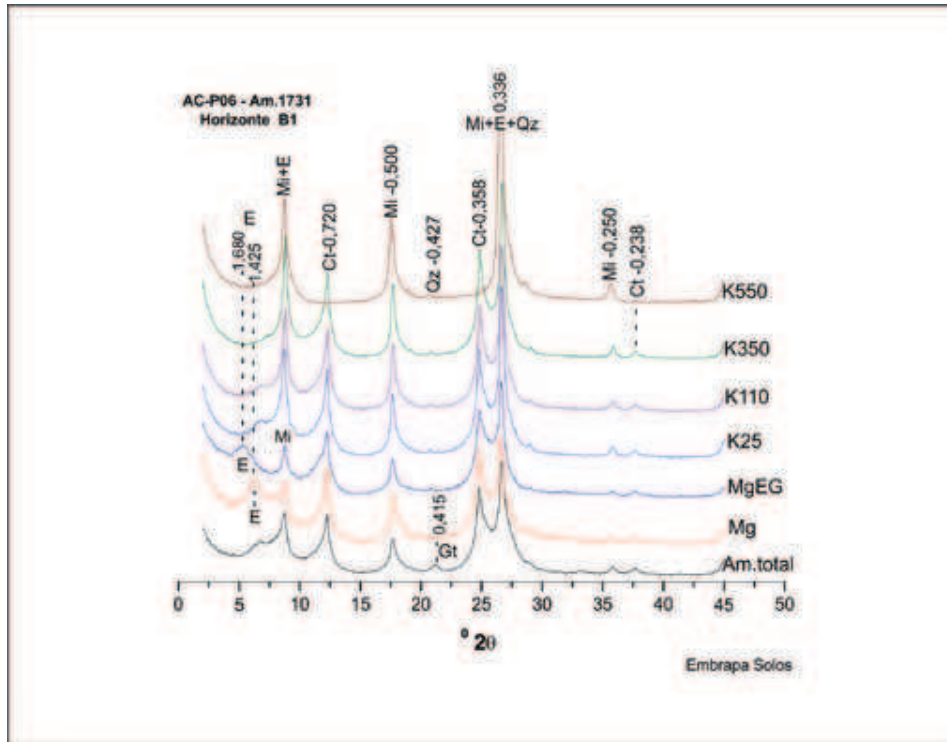


Figura 9 - Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte B1 do perfil AC-P06. E – Esmectita; Mi – Mica; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α .

Caulinita > mica = esmectita, goethita, quartzo.

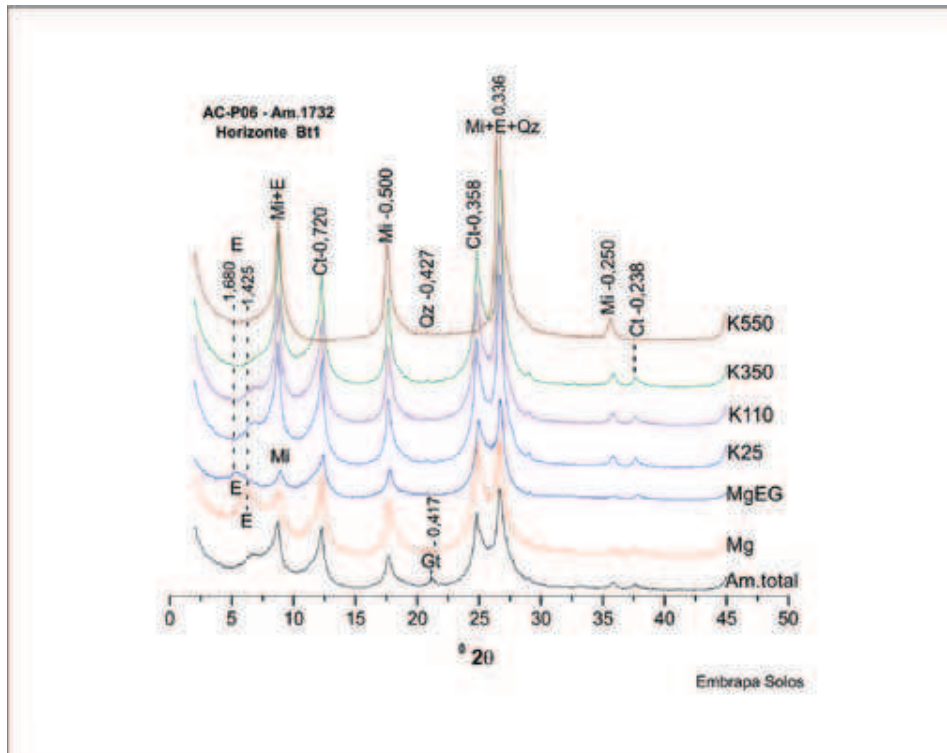


Figura 10 - Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P06. E – Esmectita; Mi – Mica; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α .

Caulinita \geq mica = esmectita, goethita, quartzo.

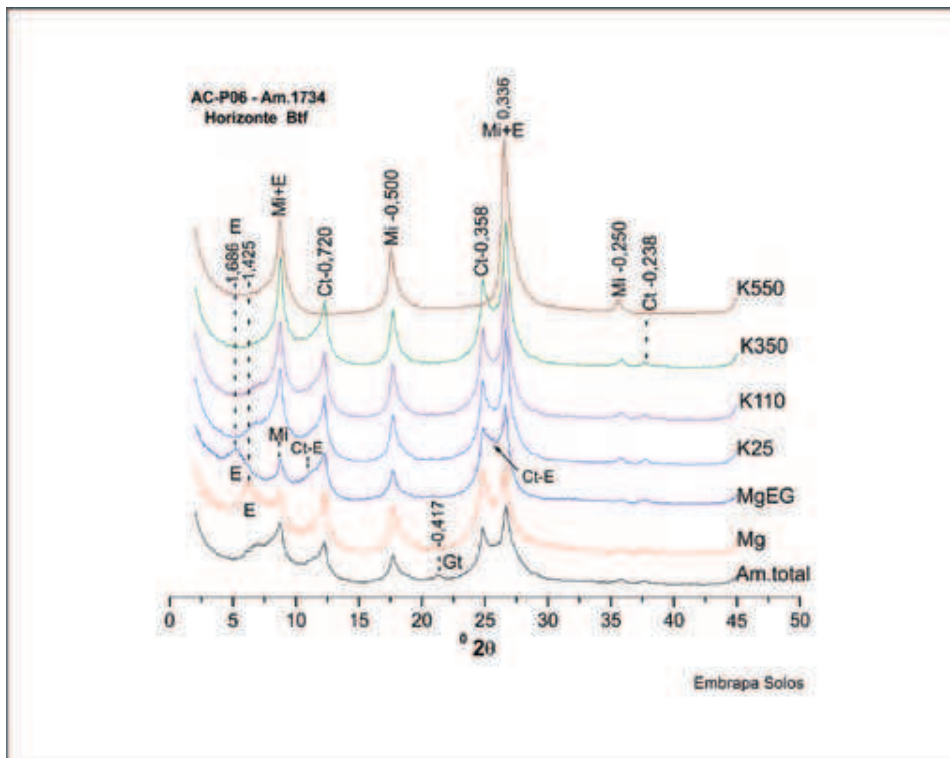


Figura 11 - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bt do perfil AC-P06. E – Esmectita; Mi - Mica, Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct – Caulinita; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α .

Esmectita = mica = caulinita > interestratificado caulinita-esmectita, goethita.

AC-P07 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico

Foram analisados os horizontes Bi e BC2. Os difratogramas são apresentados nas figuras 12 e 13, respectivamente.

Os difratogramas correspondentes dos dois horizontes são bastante semelhantes. Uma variação observada consiste na ocorrência de lepidocrocita no horizonte Bi, não observada no BC2. A fração argila é constituída por esmectita, mica, caulinita, (lepidocrocita) e quartzo.

A esmectita é predominante. As características e intensidade de suas reflexões expressam diferença marcante em relação aos difratogramas dos solos anteriores. Observa-se também a segunda reflexão que ocorre a $\sim 10,40^\circ$ (2θ) na amostra MgEG, mais bem formada e individualizada.

No horizonte BC2, observa-se também uma pequena reflexão, mal formada, a aproximadamente 1,40 nm, na amostra K550, que indica resistência para contração total da esmectita, ou talvez possa se referir à clorita.

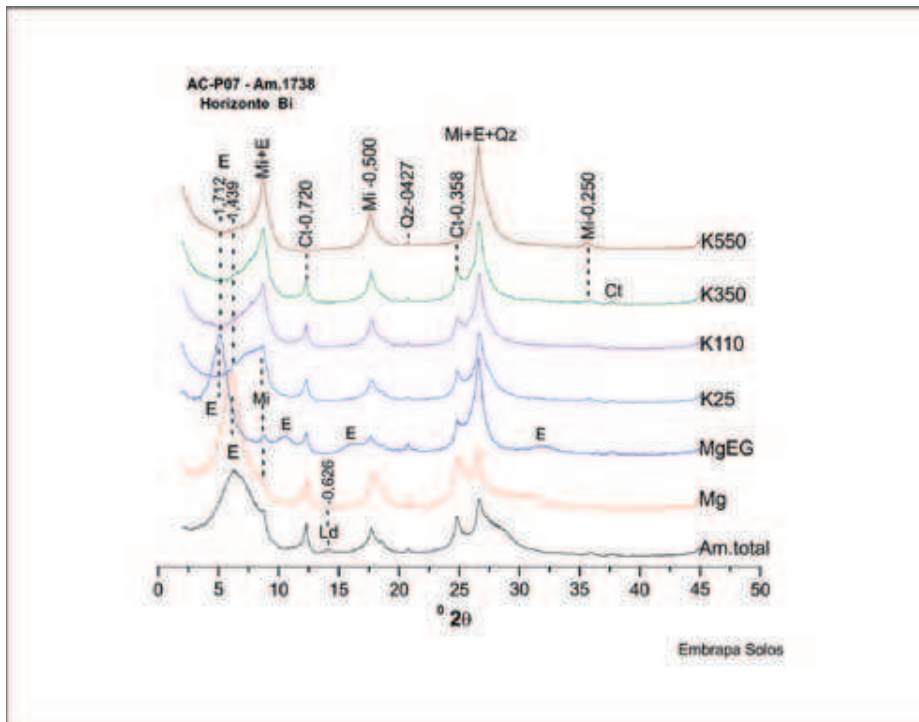


Figura 12 - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bi do perfil AC-P07. E - Esmedtita; Mi - Mica; Ct - Caulinita; Ld - Lepidocrocita; Qz - Quartzo. Montagem orientada. Espaçoamento d em nm. Radiação CuK α .

Esmedtita >> mica > caulinita, lepidocrocita, quartzo.

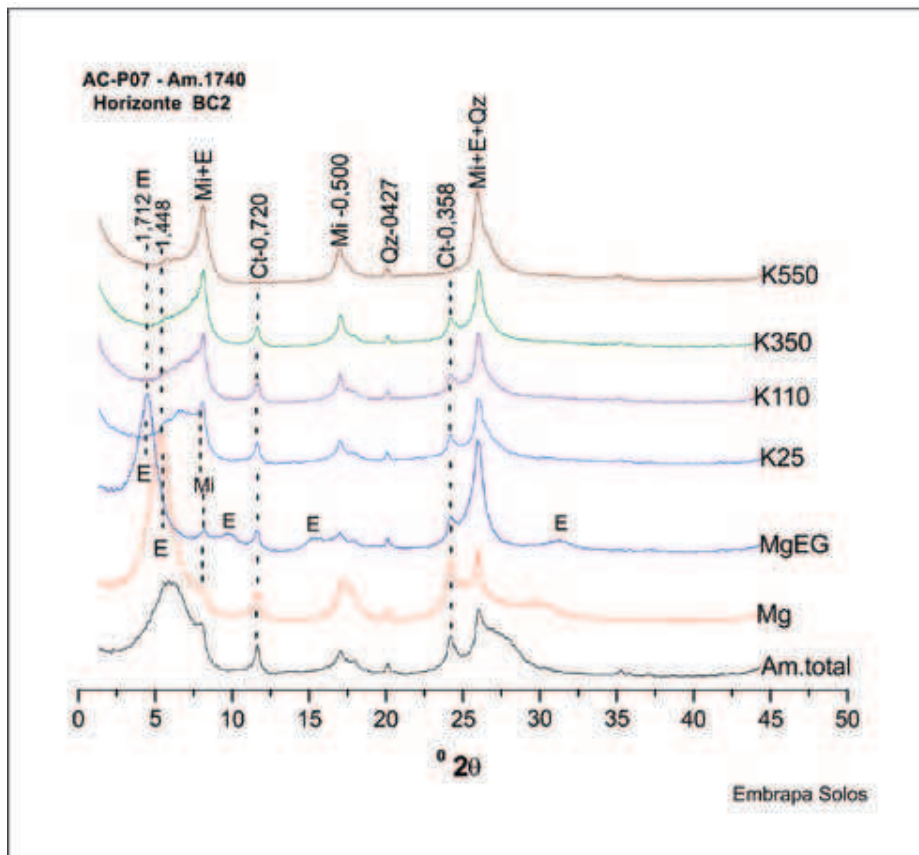


Figura 13 - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte BC2 do perfil AC-P07. E - Esmedtita; Mi - Mica; Ct - Caulinita; Qz - Quartzo. Montagem orientada. Espaçoamento d em nm. Radiação CuK α .

Esmedtita >> mica > caulinita, quartzo.

AC-P08 - Luvissole Crômico Pálico

Foram analisados os horizontes Bt1 e Bt2. Os difratogramas são apresentados nas figuras 14 e 15, respectivamente.

Como já observado anteriormente, os difratogramas correspondentes dos dois horizontes analisados são também muito semelhantes. A fração argila é constituída por esmectita, mica, caulinita, (goethita) e quartzo.

A esmectita é predominante no perfil. As características e intensidade de suas reflexões se assemelham às observadas nos difratogramas do P07. São muito discretas, as pequenas reflexões do quartzo e da goethita no difratograma (Am.total) do Bt1.

Observa-se ainda para ambos os horizontes, pequena reflexão mal formada, no difratograma K550, com valor d aproximadamente de 1,20 nm, que indica resistência para contração total da esmectita, ou que pode referir-se à presença de EHE ou de interestratificado clorita-esmectita.

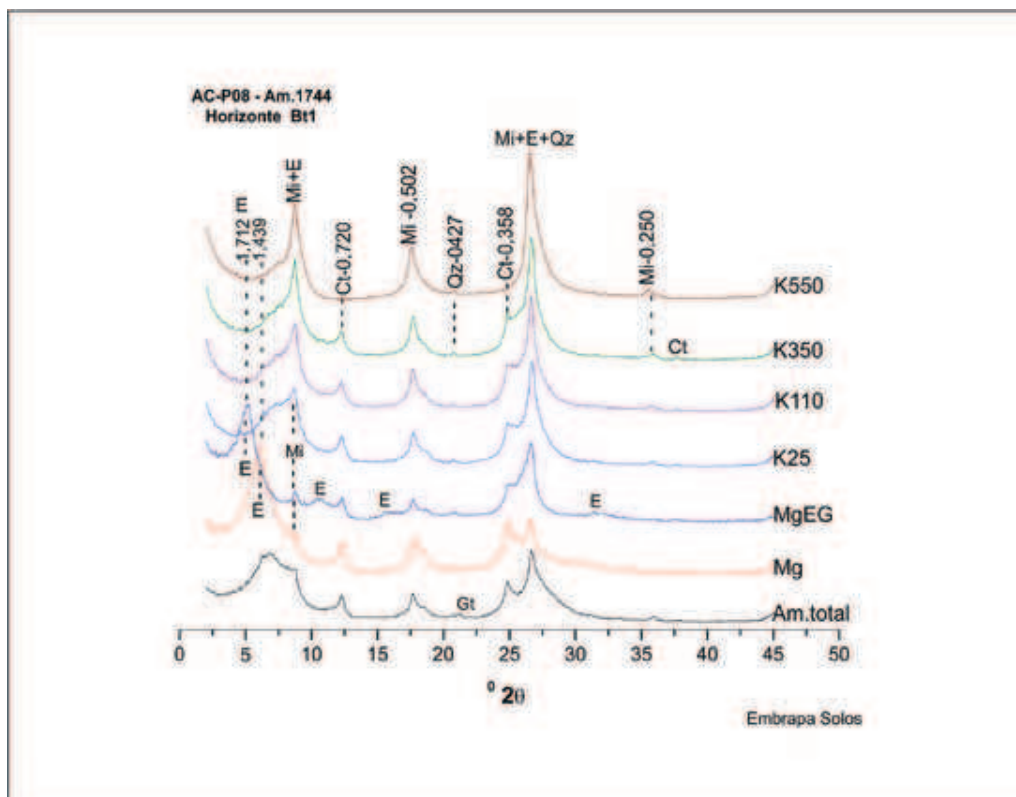


Figura 14 - Difratogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P08. E - Esmectita; Mi - Mica; Ct - Caulinita; Qz - Quartzo; Gt - goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação $\text{CuK}\alpha$.

Esmectita >> mica > caulinita, quartzo, goethita.

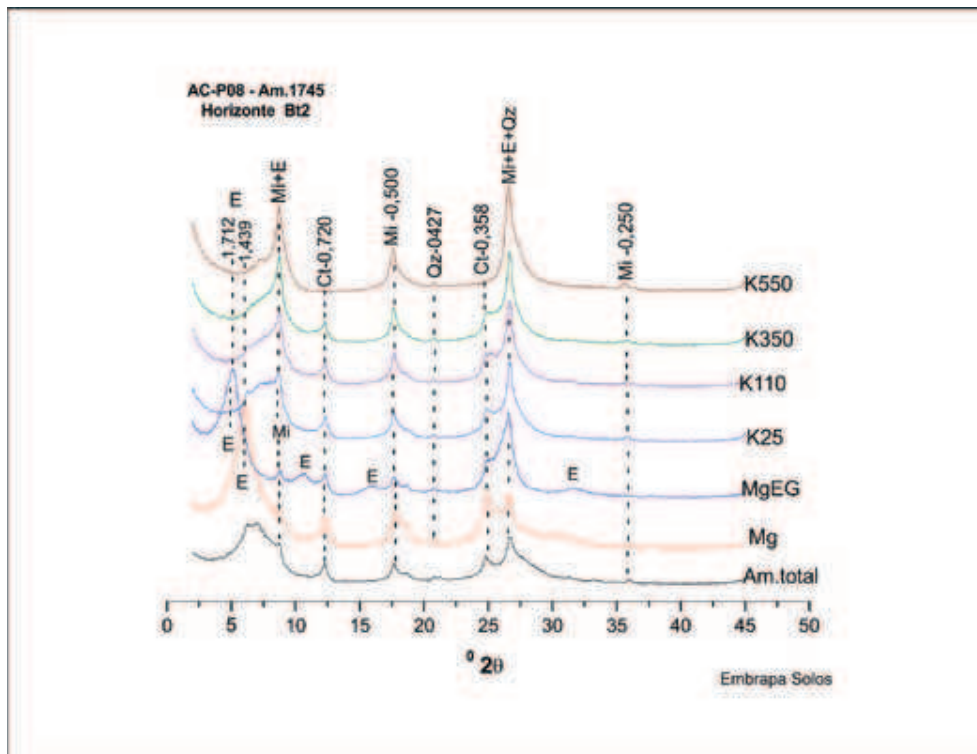


Figura 15 - Difratoogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt2 do perfil AC-P08. E - Esmectita; Mi - Mica; Ct - Caulinita; Qz - Quartzo. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação $\text{CuK}\alpha$.

Esmectita >> mica > caulinita, quartzo.

AC-P09 - Luvissole Crômico Pálico

Foram analisados os horizontes Bt1 e Bt2. Os difratogramas são apresentados nas figuras 16 e 17, respectivamente.

Observa-se também uma grande semelhança entre os difratogramas correspondentes dos dois horizontes analisados. A fração argila é constituída por esmectita, mica, caulinita e quartzo.

A esmectita é predominante no perfil, inferido pelas características e intensidade de suas reflexões, se assemelhando muito às observadas no P08. A pequena reflexão bem formada, na região de $\sim 30^\circ$ (2θ) na amostra MgEG do horizonte Bt2, pode ser referente a uma interferência.

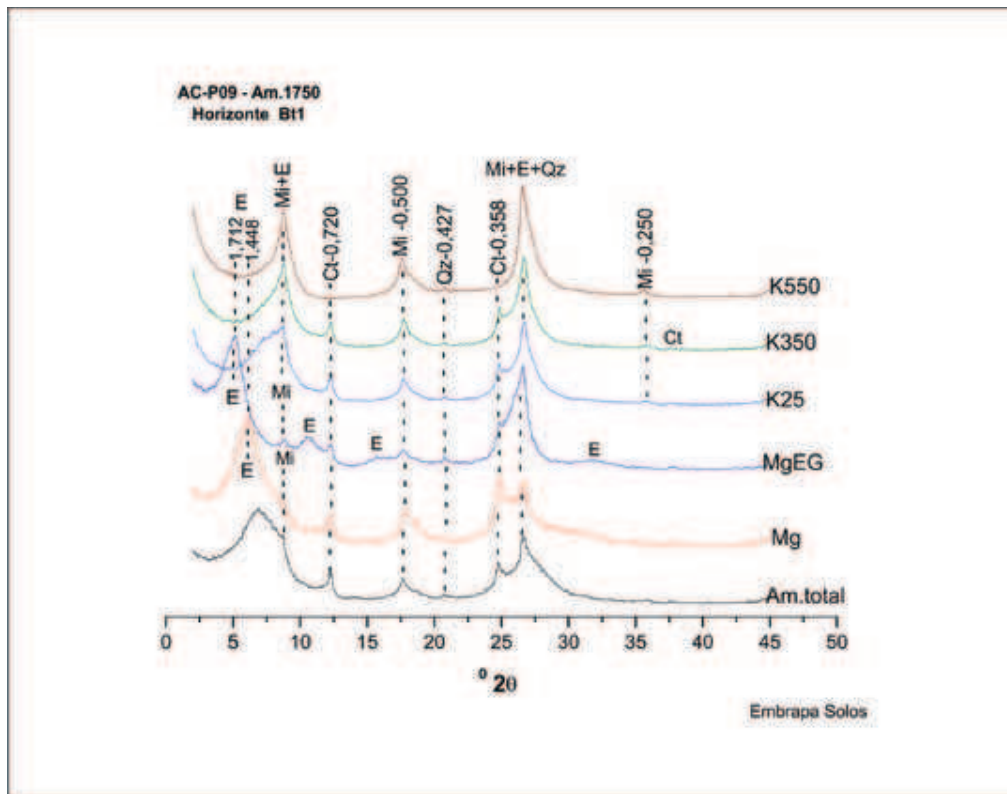


Figura 16 - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P09. E - Esmeçtita; Mi - Mica; Ct - Caulinita; Qz - Quartzo. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α . Esmeçtita >> mica > caulinita, quartzo.

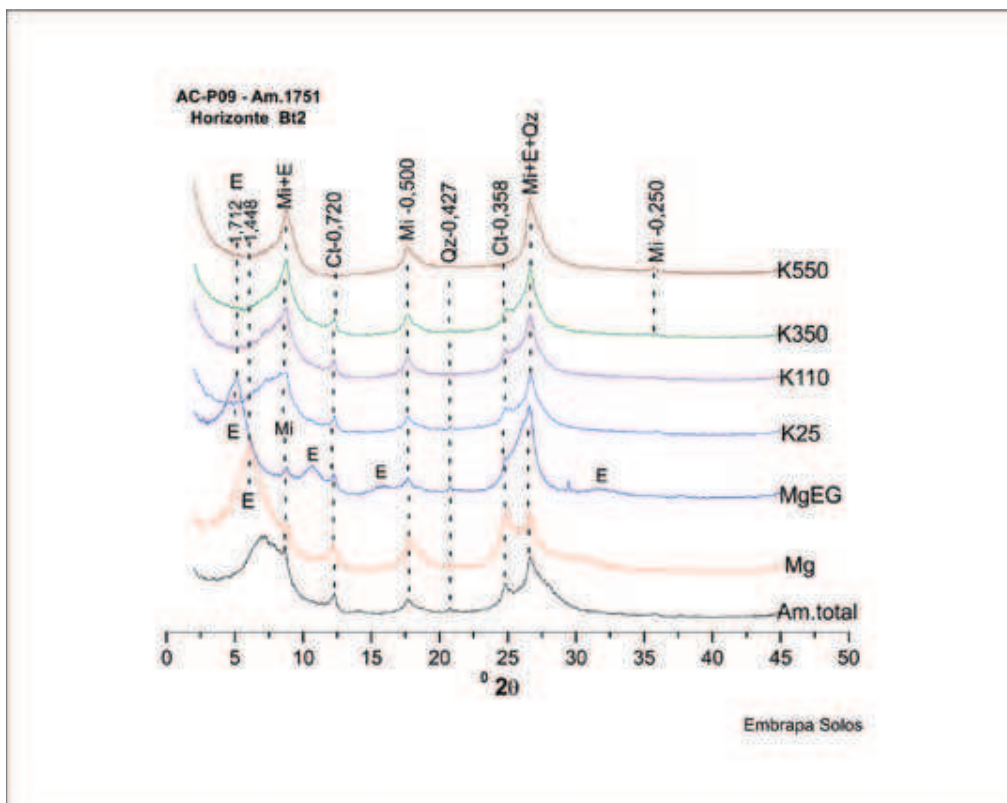


Figura 17 - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bt2 do perfil AC-P09. E - Esmeçtita; Mi - Mica; Ct - Caulinita; Qz - Quartzo. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α . Esmeçtita >> mica > caulinita, quartzo.

AC-P10 - Luvissole Crômico Órtico

Foram analisados os horizontes Bt1 e Bt2. Os difratogramas são apresentados nas figuras 18 e 19, respectivamente.

Observa-se também neste perfil, uma grande semelhança entre os difratogramas correspondentes, dos horizontes analisados. A fração argila dos horizontes analisados é constituída por caulinita, mica, esmectita, interestratificado caulinita-esmectita, (quartzo) e (goethita).

Destaca-se aqui a presença do interestratificado Ct-E, de forma bem evidente, nos dois horizontes. Não há evidências da presença de EHE (esmectita com hidróxi-Al nas entrecamadas) conforme inferido pelo pico a 1,00 nm, após aquecimento a 350°C (K350), sem indícios de reflexões ou bandas de valores superiores a este, o que indica total contração do mineral.

É possível que haja uma equivalência entre a mica, a esmectita e a caulinita, neste perfil. Pode-se dizer, no entanto, que os minerais 2:1 (mica+esmectita principalmente) são predominantes sobre a caulinita.

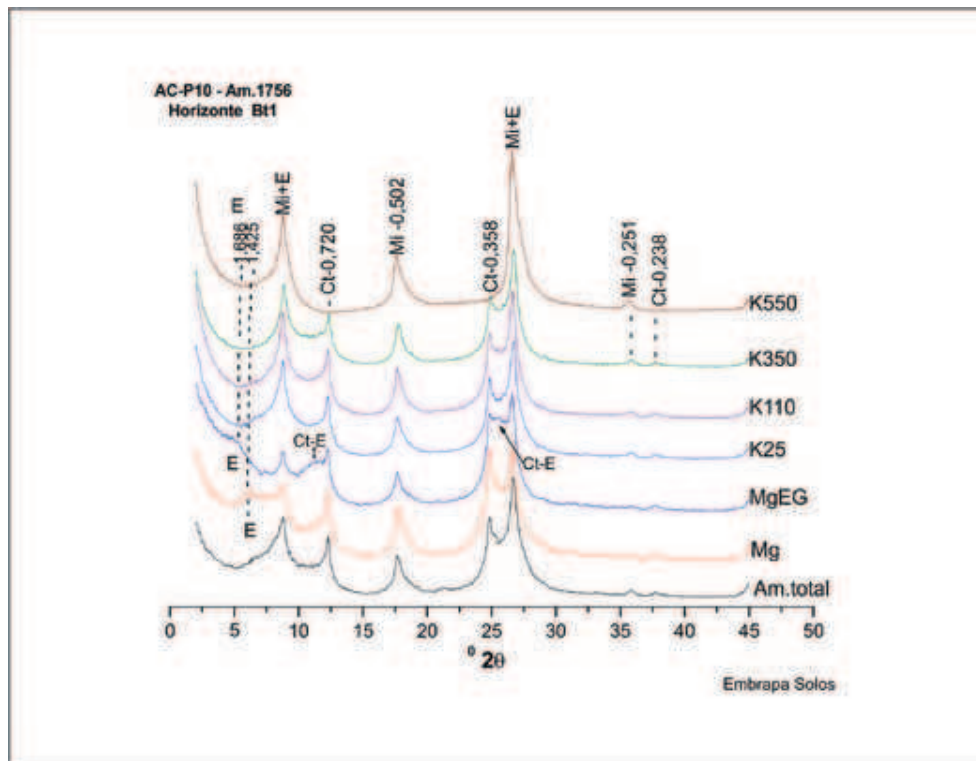


Figura 18 - Difratogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P10. E - Esmectita; Mi - Mica; Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct - Caulinita; Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α .

Mica = esmectita = caulinita > interestratificado caulinita-esmectita, goethita.

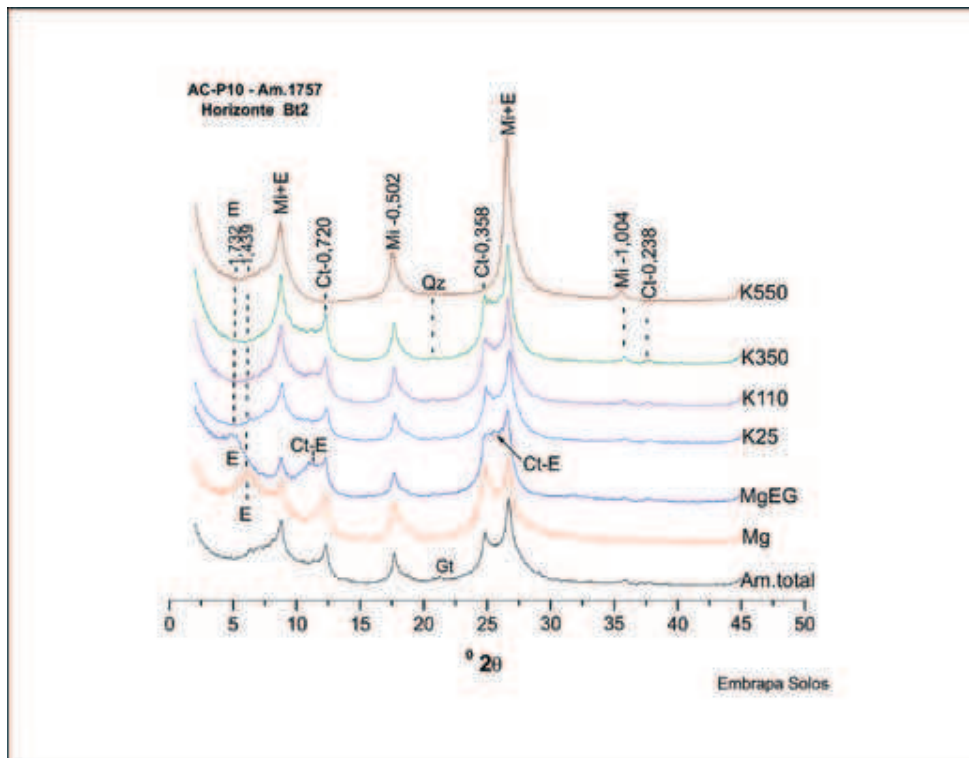


Figura 19 - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bt2 do perfil AC-P10. E - Esmectita; Mi - Mica; Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct - Caulinita; Qz - Quartzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK α .
Esmectita \geq mica > caulinita > interestratificado caulinita-esmectita, goethita, quartzo.

AC-P11 - Luvissole Háplico Órtico

Foram analisados os horizontes Bt e Bvf. Os difratogramas são apresentados nas figuras 20 e 21, respectivamente.

Como em todos os perfis anteriores, verifica-se também neste perfil, uma grande semelhança entre os difratogramas correspondentes, dos horizontes analisados. A única variação apresentada consiste na ocorrência de lepidocrocita no horizonte Bt, não observada no Bvf.

A fração argila dos dois horizontes analisados é constituída por esmectita, mica, caulinita, (lepidocrocita) e quartzo.

A esmectita é predominante no perfil (Tabela 1), inferido pelas características e intensidade de suas reflexões, se assemelhando muito às observadas no P07.

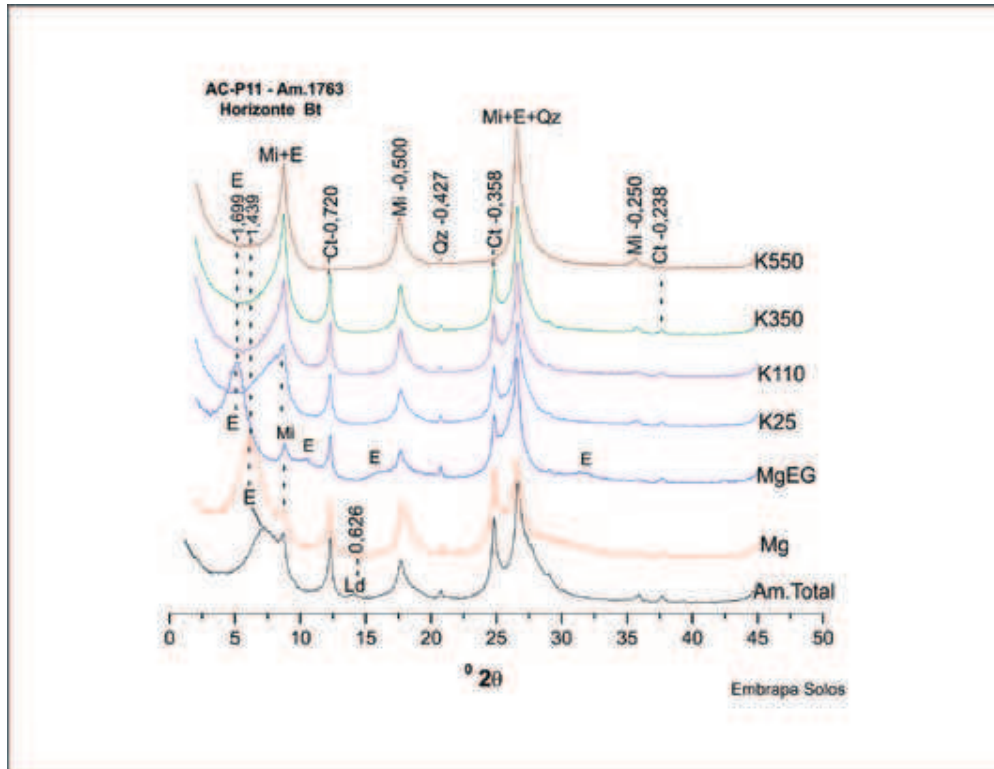


Figura 20 - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bt do perfil AC-P11. E – Esmeçtita; Mi – Mica; Ct – Caulinita; Ld – Lepidocrocita; Qz - Quartzo. Montagem orientada. Espaçoamento d em nm. Radiação CuK α .

Esmeçtita >> mica > caulinita, lepidocrocita, quartzo.

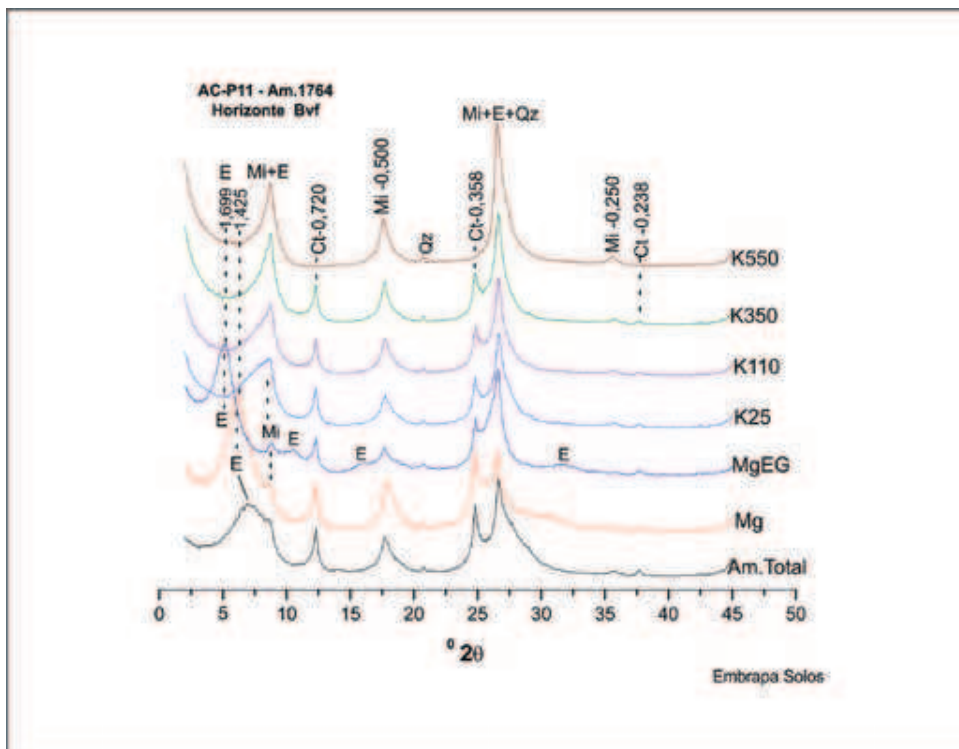


Figura 21 - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bvf do perfil AC-P11. E – Esmeçtita; Mi – Mica; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo. Montagem orientada. Espaçoamento d em nm. Radiação CuK α .

Esmeçtita >> mica > caulinita, quartzo.

Apêndice B - Critérios para Identificação dos Minerais

Preparação das lâminas - montagem orientada favorece a observação das reflexões dos argilominerais conforme a série (001).

Caulinita –É identificada pelas reflexões a 0,720 nm, 0,358 nm e 0,238 nm, que desaparecem com o aquecimento da amostra K-saturada a 550°C (K550).

Mica (termo inclusivo para illita) - É identificada pelas reflexões a 1,00 nm, 0,50 nm e 0,33 nm, e com menor intensidade a 0,25 nm, que permanecem estáveis em todos os tratamentos aplicados. O aumento de intensidade observado após aquecimento a 350° e 550°C, se deve ao colapso dos outros argilominerais 2:1 presentes.

Esmectita - sua presença é indicada pela reflexão a ~1,40 nm ($6,5^\circ 2\theta$) na amostra saturada com magnésio (Mg) que sofre expansão para ~1,70 nm após o tratamento com etileno glicol (MgEG). Valores intermediários após este tratamento podem sugerir também a presença de interestratificados, principalmente do tipo mica-esmectita. Dependendo das características e proporção na amostra analisada, observa-se também no difratograma da amostra MgEG, uma segunda reflexão que ocorre a ~10,40 ° (2θ).

Interestratificado caulinita-esmectita – A presença deste argilomineral é evidenciada pela formação de uma banda ou “ombro” ao lado das reflexões da caulinita na amostra saturada com Mg, após o tratamento com etileno glicol (MgEG). É Melhor visualizada junto à reflexão a 0,720 nm. Não deve ser confundida com a segunda reflexão da esmectita.

Vermiculita - Sua presença é evidenciada pela reflexão a ~1,40 nm ($6,5^\circ 2\theta$) na amostra saturada com magnésio, que permanece estável após o tratamento com etileno glicol (MgEG) e se contrai para 1,0 nm na amostra saturada com potássio.

Vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas - Sua presença é evidenciada pela reflexão a ~1,40 nm ($6,5^\circ 2\theta$) na amostra saturada com magnésio, que permanece estável após o tratamento com etileno glicol (MgEG) e tende a se contrair para 1,0 nm após aquecimento da amostra saturada com potássio.

Goethita - Sua presença é evidenciada pela reflexão, principal, a ~0,415 nm, observada apenas na amostra não tratada (Am.total). Desaparece após tratamento com citrato-bicarbonato-ditionito de sódio (CBD).

Lepidocrocita - Sua presença é evidenciada pela reflexão, principal a 0,626 nm, (Am. total) que também desaparece após o tratamento com CBD

Quartzo - Presença evidenciada pela pequena reflexão a 0,427 nm, estável em todos os tratamentos. A sua reflexão principal a 0,334 nm ocorre associada com a de terceira ordem da mica.

Registra-se ainda a presença, em quase todos os difratogramas, de uma pequena reflexão a 0,307 nm, que persiste na amostra aquecida a 550°C, mas cuja identificação não pode ser confirmada, assim como a pequena reflexão a 0,467 nm na amostra do perfil AC-P02. As características destas reflexões bem como os tratamentos aplicados não permitiram associá-las com precisão a um mineral.

Por outro lado pequena reflexão 1,40 nm resistente à contração após aquecimento (K550), no horizonte BC2 do perfil AC-P07, pode indicar a presença de clorita.

Do mesmo modo nos dois horizontes analisados do perfil AC-P08, a pequena reflexão a ~1,20 nm, resistente à contração após aquecimento (K550), pode indicar a presença de Esmectita com hidróxi-Al entrecamadas ou mesmo interestratificado clorita-esmectita.