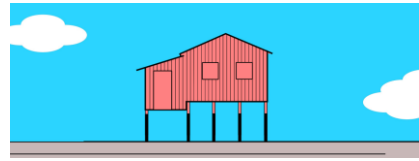


Capítulo 13



Mineralogia das frações argila e silte dos solos da XV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos

Sebastião Barreiros Calderano

Aline Pacobahyba de Oliveira

1. Introdução

Por sua importância nas inter-relações das várias propriedades dos solos, a mineralogia da fração argila constitui um tema de destacado interesse para as investigações voltadas ao reconhecimento dos processos de gênese e transformação dos minerais em ambientes pedogenéticos, que podem influenciar tanto nas características como no comportamento dos solos.

A fração argila ($\varnothing < 0,002$ mm), constituída predominantemente de minerais como os filossilicatos (argilominerais), de formato planar, e os óxidos, de formatos distintos, apresenta grande atividade físico-química, com reflexos também na morfologia do solo. Essa característica é consequência, principalmente, da expressiva superfície específica de seus constituintes, como, também, da presença de cargas superficiais, permanentes ou dependentes do pH.

A ocorrência e a diversidade dos argilominerais são condicionadas pelo material de origem, pelo intemperismo e pela pedogênese, com suas respectivas transformações mineralógicas, neoformações e fases de estabilidade, onde o tempo também tem importância fundamental, sobretudo em condições tropicais. Resulta disso uma diversidade mineralógica, indicadora da intensidade do intemperismo e dos processos pedogenéticos envolvidos e atuantes.

A importância dos minerais da fração argila (argilominerais e óxidos) do solo está na sua participação efetiva nas propriedades físicas (textura, consistência, expansão e contração, retenção de água etc.), químicas (disponibilidade de nutrientes, CTC, sorção e dessorção, acidez, salinidade etc.) e morfológicas (cor, estrutura, fendilhamento, presença de *slickensides* etc.).

Alguns atributos são usados no reconhecimento do solo no campo e na própria distinção de classes de solos em diferentes níveis taxonômicos de alguns sistemas de classificação, com destaque para o *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* (SiBCS) (Santos et al., 2018). São exemplos: atividade da fração argila, relações moleculares Ki e Kr, cor, *gilgai*, caracteres ácrico, retrátil, rúbrico, coeso e vértico, entre outros.

Além da fração argila, os elevados teores de silte também podem influenciar nos diversos atributos e comportamento dos solos, a depender, em parte, da mineralogia desta fração e do teor de matéria orgânica. Sensação de sedosidade ao tato, estrutura pouco desenvolvida, ocorrência de selamento superficial, alta propensão à erosão e alta suscetibilidade à compactação são algumas características comuns dos solos siltosos.

O objetivo do presente trabalho foi identificar os minerais presentes nas frações argila e silte dos solos estudados na XV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC das várzeas do Médio Rio Amazonas e entorno (XV RCC), realizada nos estados do Amazonas e Pará, como subsídio para interpretações referentes à sua gênese e à avaliação de critérios para distinção taxonômica.

2. Material e métodos

2.1. Solos analisados e relação com o material de origem

Para a análise mineralógica, foram selecionados um ou dois horizontes diagnósticos de cada perfil de solo da XV RCC (Tabela 13.1). A escolha dos horizontes baseou-se nas propriedades morfológicas e nos resultados de análises físicas e químicas de 17 perfis de solos, representativos de diferentes pedoambientes, desde Irlanduba (AM) até Belterra (PA): Argissolo Amarelo Distrófico latossólico antrópico; Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico; Espodossolo Humilúvico Hiperespesso típico; Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvissólico (três perfis); Gleissolo Háptico Ta Eutrófico solódico vertissólico (dois perfis); Gleissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico neofluvissólico; Gleissolo Háptico Ta Distrófico neofluvissólico; Latossolo Amarelo Distrófico petroplíntico; Latossolo Amarelo Distrófico húmico, Latossolo Amarelo Distrófico típico, Neossolo Quartzarênico Órtico húmico, Organossolo Háptico Hêmico típico, Plintossolo Argilúvico Alumínico gleissólico e Vertissolo Hidromórfico Órtico solódico.

Os solos foram descritos e coletados de acordo com Santos et al. (2015) e classificados conforme o *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* (Santos et al., 2018). Os atributos morfológicos, físicos e químicos desses solos, bem como a sua localização e características ambientais, são descritos de forma particularizada no Capítulo 9.

Conforme informações detalhadas contidas nos Capítulos 2 e 9, os materiais de origem dos solos deste estudo são provenientes da alteração de rochas sedimentares pouco consolidadas da Formação Alter do Chão, do período Cretáceo ou Cretáceo/Paleógeno (solos de terra firme), sedimentos depositados durante o Pleistoceno (terraços aluviais) e sedimentos aluvionares de texturas argilosa, argilossiltosa e argiloarenosa, depositados durante o Holoceno (várzeas holocênicas).

Informações sobre a geologia dos estados de Amazonas e Pará, com foco específico no roteiro desta RCC, são apresentadas no Capítulo 2.

Tabela 13.1. Composição granulométrica e atributos químicos dos horizontes selecionados dos perfis da XV RCC (vide Capítulo 9). Continua.

Horizonte	Profundidade	Composição granulométrica				pH		Δ pH	Complexo sortivo				Relações moleculares		Atividade da fração argila	
		Símbolo	AG	AF	Silte	Argila	H ₂ O		KCl	Valor S	Al ³⁺	Valor T	V	m		Ki
-- cm --		----- g kg ⁻¹ -----				----- cmol _c kg ⁻¹ -----				--- % ---		-- cmol _c kg ⁻¹ --				
AM-01 – Argissolo Amarelo Distrófico latossólico antrópico, textura média/argilosa/muito argilosa, epieutrófico, caulínítico, Tmb, mesoférrico																
Bt	119 - 153	169	94	51	686	4,9	4,5	- 0,4	1,7	0,1	5,6	30	6	2,13	1,60	8
AM-02 – Latossolo Amarelo Distrófico petroplúntico, textura muito argilosa, A moderado, endoconcrecionário, álico, caulínítico, Tmb, hipoférrico																
Bw4	108 - 163	93	37	59	811	4,8	4,4	- 0,4	0,1	0,5	1,8	6	83	2,21	2,05	2
AM-05 – Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvissólico, textura siltosa, A moderado, Tma																
3Cg2	33 - 65	1	7	659	333	4,8	3,6	- 1,2	14,0	2,8	21,6	65	17	2,69	2,25	65
4Cg3	65 - 115	5	14	717	265	5,1	3,9	- 1,2	18,4	0,7	22,6	81	4	2,41	1,84	85
AM-06 – Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvissólico, textura média/siltosa/média A moderado, Tma																
5Cg3	73 - 105	6	171	645	177	5,8	4,5	- 1,3	14,5	0,1	16,7	87	1	2,47	1,77	94
6Cg4	105 - 156	4	216	642	137	6,0	4,6	- 1,4	14,3	0,1	16,4	87	1	2,80	2,08	119
AM-07 – Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, textura média/siltosa, A moderado, Tma																
2C	87 - 126	6	236	611	147	5,8	4,6	- 1,2	14,6	0,1	17,2	85	1	3,14	2,30	117
AM-08 – Plintossolo Argilúvico Aluminóico gleissólico, textura média/argilosa/muito argilosa, A moderado, epiálico, Tmoa																
2Btgf2	67 - 101	25	102	406	467	4,6	3,9	- 0,7	0,2	8,6	13,4	1	98	2,37	1,76	29
2Cg1	101 - 151	35	73	421	470	4,5	3,8	- 0,7	0,4	10,2	14,5	3	96	2,20	1,75	31
AM-09 – Espodossolo Humilúvico Hiperespesso típico, textura muito arenosa/arenosa-média/média-arenosa, A fraco, endodúrico																
3Bh	321 - 326	832	62	37	69	4,7	3,8	- 0,9	0,1	1,1	6,0	2	92	2,09	1,82	
4Bhsm	326 - 366	767	90	41	102	4,9	4,3	- 0,6	0,1	0,7	8,1	1	87	1,25	1,19	
4Bhs	366 - 380	847	42	30	81	5,0	4,4	- 0,6	0,1	0,5	7,8	1	83	1,16	1,11	
AM-11 – Gleissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico neofluvissólico, textura siltosa-média/média-siltosa, A moderado, Tma																
Cg2	41 - 61	2	181	657	160	4,7	4,1	- 0,6	11,7	0,6	17,2	68	5	2,35	1,70	108
4Cg5	86 - 115	0	224	634	143	5,2	4,5	- 0,7	10,5	0,2	14,9	70	2	2,42	1,74	105
AM-12 – Gleissolo Háptico Ta Distrófico neofluvissólico, textura média, A moderado, álico, epialuminóico, Tmoa																
5C'g2	99 - 150	150	516	188	146	5,1	4,4	- 0,7	0,3	1,1	2,6	12	79	2,16	2,02	18

Continua...

Tabela 13.1. Continuação.

Horizonte	Profundidade	Composição granulométrica				pH		Δ pH	Complexo sortivo				Relações moleculares		Atividade da fração argila	
		Símbolo	AG	AF	Silte	Argila	H ₂ O		KCl	Valor S	Al ³⁺	Valor T	V	m		Ki
		----- g kg ⁻¹ -----				----- cmol _c kg ⁻¹ -----				--- % ---		-- cmol _c kg ⁻¹ --				
AM-15 – Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvíssólico, textura média/arenosa/siltosa, A fraco, Tma																
5Cg1	23 - 41	2	188	697	113	5,9	5,0	- 0,9	10,9	0	12,9	84	0	3,12	2,31	115
6Cg3	60 - 108	3	191	642	164	5,4	4,5	- 0,9	9,4	0,1	11,8	80	1	2,68	1,96	72
AM-16 – Gleissolo Háptico Ta Eutrófico solódico vertissólico, textura argilosa, A moderado, mesoendossolódico, Tma																
2Cg	27 - 51	1	24	668	307	5,5	3,9	- 1,6	14,1	0,5	17,7	80	3	2,44	1,83	58
2Cgn2	76 - 119	4	16	713	267	7,9	5,6	- 1,5	21,3	0	22,1	96	0	2,06	1,66	83
PA-05 – Latossolo Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado, álico, epidistrófico, caulínítico, Tmb, mesoférrico																
Bw2	72 - 130	9	12	154	825	4,5	4,0	- 0,5	0,1	1,1	3,7	3	92	2,20	1,72	4
PA-06 – Neossolo Quartzarênico Órtico húmico, textura arenosa-média, álico																
C	169 - 205	785	94	26	95	5,0	4,3	- 0,7	0,1	0,5	2,1	5	83	2,65	2,20	
PA-07 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico, textura muito argilosa, álico, epidistrófico, caulínítico, Tmb, hipoférrico																
Bw	137 - 200	12	27	173	788	4,7	4,3	- 0,4	0,1	0,6	3,5	3	86	2,01	1,68	4
PA-13 – Gleissolo Háptico Ta Eutrófico solódico vertissólico, textura argilosa/siltosa, A moderado, endossolódico, Tma																
2Cg2	32 - 55	7	23	716	254	5,3	4,1	- 1,2	12,8	0,7	16,5	78	5	2,50	1,97	65
3Cgn2	69 - 101	4	12	699	285	5,5	4,0	- 1,5	12,4	1,2	16,8	74	9	2,66	2,13	59
PA-14 – Vertissolo Hidromórfico Órtico solódico, textura argilosa/siltosa, A fraco, endossolódico, eutrófico, Tma																
2Cvg1	20 - 43	2	4	620	374	4,8	3,8	- 1,0	14,2	1,3	19,0	75	8	2,63	2,17	51
2Cvg3	71 - 113	9	17	587	388	6,9	5,6	- 1,3	24,8	0	25,9	96	0	2,69	2,17	68
PA-17 – Organossolo Háptico Hêmico típico, textura argilosa/média/orgânica fíbrica, distrófico, epissáprico e mesoendofíbrico, muito lenhosa																
Hd3	12 - 29	254	54	411	281	4,1	3,4	- 0,7	3,7	6,9	68,6	5	65	2,42	2,27	244

AG - areia grossa; AF - areia fina.

2.2. Confeção de lâminas e difratometria de raios-X

A fração argila ($\varnothing < 0,002$ mm) foi separada no laboratório de física do solo da Embrapa Solos, após dispersão física lenta e dispersão química da terra fina seca ao ar (TFSA) com solução de NaOH, com diluição equivalente a $0,025 \text{ mol L}^{-1}$. Essa fração foi coletada por sifonamento após 24 horas, conforme descrito em Donagemma et al. (2017). A fração argila foi analisada por difratometria de raios-X (DRX), cuja amostra é denominada neste trabalho de amostra total, e sob os seguintes tratamentos: aquecimento em diferentes temperaturas e solvatação com etilenoglicol (Jackson, 1975). As lâminas foram preparadas de forma orientada, pelo método do esfregaço.

Foi confeccionada uma lâmina de cada amostra, sem tratamento prévio, que foi irradiada no DRX, em condições de temperatura ambiente ($25 \text{ }^\circ\text{C}$). Na sequência, após a leitura, essa lâmina foi submetida ao tratamento de solvatação com etilenoglicol, quando pertinente, ou seja, ocorrendo um indicativo da presença de mineral 2:1, passível de expansão. Após a execução da leitura, nessa condição, procedeu-se ao tratamento térmico, com aquecimento por duas horas em forno mufla, nas temperaturas de $350 \text{ }^\circ\text{C}$ e $550 \text{ }^\circ\text{C}$, com leituras executadas após cada etapa de aquecimento. Os procedimentos metodológicos referentes aos tratamentos supracitados encontram-se parcialmente detalhados em Calderano et al. (2009, 2017). Esse procedimento simplificado, aplicado neste trabalho, seguiu também o exemplo de Grabowska-Olszewska et al. (1984).

A fração silte (\varnothing de 0,002 a 0,053 mm) foi obtida após sucessivas lavagens da suspensão, para sua purificação, até que o sobrenadante se apresentasse límpido. Os procedimentos encontram-se descritos em Donagemma et al. (2017). Essa fração foi separada apenas nos solos cujos teores mostraram-se mais elevados, quais sejam: AM-05, AM-06, AM-07, AM-08, AM-11, AM-15, AM-16, PA-13, PA-14 e PA-17 (vide Tabela 13.1). Para essa análise, as lâminas foram preparadas de forma não orientada (método do pó), em caixilhos de metal, conforme descrito em Calderano et al. (2009, 2017).

A análise mineralógica foi realizada por difratometria de raios-X, no laboratório de mineralogia da Embrapa Solos, em um difratômetro Rigaku, modelo MiniFlex II, utilizando-se tubo de cobre como fonte de radiação $K\alpha$ e monocromador de grafite, operando com tensão de 30 kV e corrente de 15 mA. As leituras foram executadas por passo, com variação de $0,050^\circ \text{ s}^{-1}$. O intervalo de varredura para todas as amostras foi de 2 a $45^\circ [2\theta]$.

Os difratogramas foram confeccionados usando-se o programa Microcal Origin 6.0[®] e, para a fração argila, são apresentados na seguinte ordem: amostra total na temperatura ambiente (AT-25), solvatada com etilenoglicol (AT-EG) e aquecida nas temperaturas supramencionadas conforme assinalado (AT-350 e AT-550).

Os difratogramas da fração silte são apresentados usando-se um artifício de corte para escala de intensidade, com valor de 2000 cps, posto que a intensidade máxima do pico do

quartzo (mineral predominante em todas as amostras) varia de 6.000 cps no perfil AM-06 (amostra 23.3499) a 15.000 cps no perfil AM-08 (amostra 23.3511). A escala adotada visa favorecer a observação dos picos dos outros minerais, que aparecem com menor intensidade, além de possibilitar uma melhor comparação visual entre eles.

2.3. Critérios para identificação dos minerais

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), Moore e Reynolds Junior (1997) e Mincryst (2022). Informações adicionais foram obtidas em Barnhisel e Bertsch (1989), Dixon e Weed (1989), Fontes (1990), Kämpf et al. (1995), Kämpf e Curi (2003) e Resende et al. (2005). É importante destacar que a denominação dos argilominerais identificados refere-se a um determinado grupo de minerais, e não a um mineral específico. A grafia dos nomes dos minerais está de acordo com Branco (2008).

Conforme a descrição feita em Calderano et al. (2019a, 2019b), a identificação dos minerais presentes na fração argila é realizada a partir do reconhecimento dos picos das difrações e da intensidade relativa, características de cada um deles, nos difratogramas de raios-X, e das possíveis variações decorrentes dos tratamentos aplicados. A preparação das lâminas exerce influência sobre a expressão dos picos de difração nos difratogramas. A montagem orientada favorece a observação dos picos dos minerais planares (filossilicatos), que recebem a denominação específica de argilominerais, conforme a série ou ao longo do plano (*00l*).

Em decorrência dos tratamentos aplicados, a expressão dos picos nos difratogramas em comparação com a montagem da amostra de argila não tratada possibilita a identificação da presença dos diferentes constituintes minerais. O tratamento de solvatação com etilenoglicol, seguido de aquecimento em diferentes temperaturas, tem a finalidade de avaliar o comportamento de expansão/contração e colapso dos argilominerais de retículo 2:1, além de evidenciar uma possível ocorrência de minerais interstratificados. Destaca-se, também, que os tratamentos térmicos aplicados na amostra são diagnósticos para alguns minerais suscetíveis às temperaturas aplicadas, pois seus picos de difrações sofrem alterações ou desaparecem em determinadas temperaturas.

A análise mineralógica realizada neste trabalho não permite a quantificação dos minerais identificados, pois isso requer avaliações e técnicas específicas. No entanto, a intensidade dos picos, nos difratogramas das amostras ao natural em temperatura ambiente e solvatada com etilenoglicol, pode ser usada como um índice de concentração relativa, desde que os difratogramas sejam interpretados com cautela (Fanning et al., 1989; Resende et al., 2005), pois deve-se levar em consideração também a área total dos picos, proporcionando assim uma estimativa, ainda que geral, da predominância relativa dos minerais na fração argila dos solos. Hillier (2003) menciona a expressão "intensidades integradas", para se referir à área total dos picos.

3. Resultados e discussão

3.1 Características mineralógicas gerais

Na fração argila dos solos analisados, conforme mostrado nas figuras apresentadas no Apêndice 13.1, foram reconhecidos os seguintes minerais: caulinita, mica, esmectita, clorita, vermiculita, vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas e pirofilita, completando o grupo dos argilominerais. Ocorrem também oxi-hidróxidos de ferro cristalinos como goethita e lepidocrocita, além de gibbsita (hidróxido de alumínio). Verificou-se, ainda, a presença de anatásio, rutilo e pseudorutilo (óxidos de titânio) e quartzo.

Dos argilominerais identificados, a caulinita encontra-se presente em todos os horizontes analisados. É marcada por suas difrações diagnósticas de primeira, segunda e terceira ordem [0,719, 0,358 e 0,238 nm], que ocorrem nas regiões de 12,30, 24,86 e 37,70 °[2 θ] dos difratogramas. O aquecimento da amostra a 550 °C (AT-550) promove a sua desidroxilação e, conseqüentemente, o desaparecimento de seus picos de difração, confirmando sua presença.

A caulinita apresenta-se de forma predominante nos seguintes perfis: AM-01, AM-02, AM-09, PA-05, PA-06, PA-07 e PA-17. É muito provável que essa predominância também se dê nos perfis AM-08 e AM-12. Nos demais solos tende a ocorrer em proporção inferior aos argilominerais de retículo 2:1 considerados em conjunto.

Essa predominância está em concordância com os atributos químicos dos solos, que possibilitam embasar tal assertiva, e de acordo com a sua classificação como solos cauliniticos (Latossolos e Argissolo), no 5º nível taxonômico do *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* (SiBCS) (Santos et al., 2018). Apesar de não se incluírem entre os solos classificados como cauliniticos no 5º nível taxonômico, registra-se também a predominância expressiva da caulinita no Espodossolo (AM-09) e Neossolo (PA-06).

Em geral, a caulinita destaca-se por suas difrações bem formadas, homogêneas e de intensidade relativa mais elevada, refletindo também o aspecto de sua aparente boa cristalinidade, como pode ser visto nos difratogramas apresentados para ilustrar a análise. Merece destaque também a expressão de seus picos diagnósticos nos três horizontes analisados do perfil AM-09 (Espodossolo), além da homogeneidade na constituição mineralógica.

A mica (termo inclusivo para illita) é encontrada em todos os perfis analisados nos ambientes de várzea, com exceção do PA-17, a saber: AM-05, AM-06, AM-07, AM-08, AM-11, AM-12, AM-15, AM-16, PA-13 e PA-14. Apenas no perfil AM-12 ela aparece em menor proporção. É identificada por suas difrações diagnósticas, de primeira, segunda, terceira e até de quarta ordem [~1,00, 0,500, 0,332 e 0,250 nm], que ocorrem aproximadamente nas regiões de 8,85, 17,70, 26,80 e 35,80 °[2 θ] dos difratogramas. Verifica-se que esses picos de difrações permanecem estáveis após os tratamentos aplicados, sendo essa uma das características diagnósticas para sua identificação. Essa estabilidade refere-se à posição dos picos, que não se altera no caso das micas. Observa-se apenas um aumento na intensidade de suas difrações com o aquecimento, decorrente do colapso da estrutura de outros minerais de retículo 2:1, como consequência dos tratamentos térmicos aplicados.

Juntamente com a mica, a esmectita ocorre de forma bastante expressiva em todos os perfis analisados nos ambientes de várzea, com exceção do PA-17, a saber: AM-05, AM-06, AM-07, AM-08, AM-11, AM-15, AM-16, PA-13 e PA-14. Sua presença é evidenciada pelos picos na região de $\sim 6,00$ a $6,30$ $^{\circ}[2\theta]$ observados na amostra em temperatura ambiente (AT-25), que sofrem deslocamentos para $\sim 5,10$ a $5,20$ $^{\circ}[2\theta]$, em reação ao tratamento de solvatação com etilenoglicol. Esse deslocamento indica a expansão de sua estrutura, sendo essa uma característica diagnóstica desse argilomineral. Considera-se que sua presença seja suficientemente importante para influenciar nos valores da atividade da fração argila desses perfis ou horizontes específicos (vide Tabela 13.1 e Capítulo 9).

Nos mesmos ambientes de várzeas, observa-se também a presença de clorita nos seguintes perfis: AM-05, AM-06, AM-07, AM-11, AM-15, AM-16, PA-13 e PA-14. Verificam-se seus picos de difrações característicos e de forma bastante homogênea em todos os horizontes analisados. São considerados principalmente os picos na região de $\sim 6,00$ a $6,30$ $^{\circ}[2\theta]$ e na região de $18,70$ $^{\circ}[2\theta]$, além dos que ocorrem na mesma posição da caulinita. Sua posição não é afetada pelo tratamento com etilenoglicol, porém, após o aquecimento da amostra a 550 $^{\circ}\text{C}$, alguns picos também desaparecem, restando apenas o pico 001 [1,40 nm] na região de $6,30$ $^{\circ}[2\theta]$.

A presença de vermiculita foi observada nas amostras dos perfis AM-08 e AM-12. A não expansão após o tratamento com etilenoglicol e a ausência de clorita favorecem essa interpretação.

A vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas ocorre de forma discreta nos perfis AM-01, AM-02, AM-09, PA-05, PA-06 e PA-07 (Argissolo, Latossolos, Espodossolo e Neossolo). Como na vermiculita, sua presença é evidenciada pelo pico de difração de pequena intensidade [1,40 nm], que aparece na região de $\sim 6,30$ $^{\circ}[2\theta]$, desaparecendo após o aquecimento da amostra, o que indica o colapso para ângulos maiores [$\sim 1,10$ a $1,00$ nm], na região de $\sim 8,00$ a $8,80$ $^{\circ}[2\theta]$.

A pirofilita aparece somente nos perfis AM-08 e AM-12 em proporção bastante reduzida, o que pode ser inferido da intensidade muito baixa de suas difrações diagnósticas, que aparecem na região de $9,64$, $19,27$ e $29,18$ $^{\circ}[2\theta]$ (espaçamentos $0,92$, $0,46$ e $0,30$ nm). Verifica-se que o pico mais evidente, de terceira ordem, na região de $29,18$ $^{\circ}[2\theta]$, sofre pequeno deslocamento após o aquecimento da amostra a 550 $^{\circ}[2\theta]$.

Os minerais de ferro (oxi-hidróxidos) presentes, como goethita e lepidocrocita, são observados em diversos perfis, em proporção bastante reduzida, o que está de acordo com os baixos valores para os óxidos de ferro, provenientes do ataque sulfúrico (vide Capítulo 9).

A goethita ocorre nos perfis AM-01, AM-02, AM-05, AM-08, AM-11, AM-15, AM-16, PA-05, PA-06 e PA-07, em geral em pequenas proporções. Sua presença é evidenciada pelos picos principais na região de $21,25$ a $21,40$ e $33,20$ $^{\circ}[2\theta]$, correspondentes aos espaçamentos $0,418$ a $0,415$ e $0,269$ nm, observados no difratograma da amostra não aquecida. Em geral são de baixa intensidade. O destaque para esse mineral dá-se no perfil AM-01, onde os picos diagnósticos são mais expressivos. Nos perfis PA-05 e PA-07, seus picos também se destacam, porém ainda de forma muito reduzida.

Como consequência do tratamento térmico aplicado, observa-se a formação de hematita no difratograma da amostra AT-550 do perfil AM-01. O aquecimento da amostra a 350 e 550 °C proporciona a destruição da goethita e provável recristalização como hematita, como assinalado no difratograma da amostra aquecida (Figura 13.1). Conforme Brindley e Brown (1984), a decomposição da goethita dá-se no intervalo de temperatura de 230 a 350 °C. Essa variação é decorrente da substituição isomórfica do ferro por alumínio, sendo as goethitas aluminosas mais resistentes à temperatura.

Verifica-se, ainda, a presença de lepidocrocita nos perfis AM-05, AM-08, AM-11, AM-15, AM-16, ocorrendo juntamente com a goethita. Sua presença é evidenciada por sua difração diagnóstica principal que aparece na região de 14,14 °[2θ] (espaçamento 0,626 nm) dos difratogramas das amostras não aquecidas.

A gibbsita ocorre nos perfis AM-01, AM-09, AM-12, PA-05, PA-06 e PA-07, em geral em pequena proporção. Sua presença é evidenciada pelos picos diagnósticos na região de 18,30 e 20,30 °[2θ] (espaçamento 0,485 e 0,437 nm) do difratograma. Após o aquecimento da amostra a 350 °C (AT-350), os picos desaparecem, indicando a desidratação e a destruição da estrutura do mineral. Destaca-se no horizonte B_{hsm} do perfil AM-09 (Espodossolo), onde seu pico principal aparece com maior intensidade.

Com relação aos óxidos de titânio, observa-se a presença de anatásio, rutilo e pseudorrutilo em alguns perfis. O anatásio aparece nos perfis AM-01, AM-02, AM-09, AM-12, PA-05, PA-06, PA-07 e PA-17, em geral em pequena proporção, como pode ser inferido da baixa intensidade de seus picos de difração. Sua presença é evidenciada por seus picos diagnósticos na região de 25,30 e 37,70 °[2θ] (espaçamentos 0,352 e 0,238 nm) observados no difratograma da amostra AT-550, após o desaparecimento dos picos da caulinita.

Juntamente com o anatásio, observa-se também a presença de rutilo somente no perfil AM-12, distinguido por seu pico principal que aparece na região de 27,40 °[2θ] correspondente ao espaçamento 0,325 nm. Complementando os óxidos de titânio, verifica-se também a presença do mineral pseudorrutilo nos perfis AM-01, PA-05 e PA-07. É identificado por seus picos, que ocorrem na região de 27,40 e 36,00 °[2θ], correspondentes aos espaçamentos 0,325 e 0,249 nm.

O pseudorrutilo é um mineral de transição, formado a partir da alteração da ilmenita, entre outros. É também conhecido como leucoxênio e é muito comum na fração areia, onde ocorre como crosta de alteração e descoloração sobre os cristais (ou grãos) da ilmenita.

Nota-se também a ocorrência de quartzo em diversos perfis, quais sejam: AM-05, AM-06, AM-07, AM-08, AM-09, AM-08, AM-11, AM-12, AM-15, AM-16, PA-13, PA-14 e PA-17. Sua presença é evidenciada pelas difrações dos seus dois picos principais que ocorrem principalmente na região de 20,84 e 26,66 °[2θ] dos difratogramas, correspondentes aos espaçamentos 0,426 e 0,334 nm. Esse último (0,334 nm) é encontrado sempre associado com a difração de terceira ordem da mica, quando este argilomineral estiver presente.

Na fração silte, os resultados obtidos são muito parecidos aos encontrados na fração argila, no que concerne aos argilominerais. Isso pode ser verificado nos difratogramas

mostrados no Apêndice 13.1, juntamente com os difratogramas da fração argila. Além dos argilominerais como clorita, esmectita, mica e caulinita, foram encontrados também na análise dessa fração quartzo, feldspatos, anfibólio e, possivelmente, hematita em um dos horizontes.

Clorita e esmectita não ocorrem nos dois horizontes do perfil AM-08. No horizonte 2Cg do perfil AM-16 a intensidade é muito baixa, e não foi considerada a presença desses minerais. Nos outros perfis ocorrem em todos os horizontes analisados. Apesar da baixa intensidade do pico, destacam-se no horizonte 6Cg4 (AM-06) e no horizonte 2C (AM-07).

A mica (termo inclusivo para illita) é encontrada em todos os perfis analisados. Seus picos de difração destacam-se nos dois horizontes dos perfis PA-13 e PA-14.

A caulinita também aparece em todos os horizontes analisados. Apesar da baixa intensidade dos seus picos, destaca-se nos horizontes Cg2 (AM-11), 5Cg1 (AM-15), Cvg1 (PA-14) e nos dois horizontes do perfil PA-13.

Verifica-se também a presença discreta de anfibólio nos seguintes perfis: AM-05 (horizonte 3Cg2), AM-06 (horizonte 6Cg4), AM-07 (horizonte 2C), AM-11 (horizontes Cg2 e 4Cg5), AM-15 (horizonte 5Cg1), AM-16 (horizonte 2Cgn2) e PA 13 (horizonte 2Cg2). Sua presença é apontada pelo pico na região de $10,50^\circ[2\theta]$ (espaçamento 0,853 nm), em geral de baixa ou muito baixa intensidade, porém destaca-se no perfil AM-15.

Os feldspatos aparecem em todos os horizontes analisados, como indicado nos difratogramas. A denominação aqui inclui tanto os K-feldspatos quanto os plagioclásios. Diversos picos são correlacionados à sua presença. No perfil AM-08 são observadas as menores intensidades dos picos, principalmente no horizonte 2Btgf2. Nos outros horizontes as intensidades dos picos principais são bem expressivas.

O quartzo também ocorre em todos os horizontes analisados. Sua presença é evidenciada por seus picos diagnósticos, como assinalado nos difratogramas. Na fração silte, é o mineral predominante, o que pode ser inferido da alta intensidade de seu pico principal, que ocorre na região de $26,66^\circ[2\theta]$ (espaçamento 0,334 nm) e dos seus outros picos. Conforme foi mencionado no item 2.2, a intensidade máxima do pico principal varia de 6.000 cps, no perfil AM-06 (amostra 23.3499), a 15.000 cps, no perfil AM-08 (amostra 23.3511). A alta intensidade relativa interfere, negativamente, na visualização dos picos dos outros minerais que ocorrem, provavelmente, em menores proporções.

Exclusivamente no horizonte 2Btg2 do perfil AM-08 (Plintossolo Argilúvico), observa-se a presença de dois picos mal-formados e de baixa intensidade, que podem ser atribuídos à presença de hematita. Essa ocorrência é destoante do resultado obtido na fração argila, em que se verifica somente a presença de goethita e lepidocrocita. No entanto, isso pode ser devido à presença dos nódulos avermelhados da plintita, diluídos na fração argila, mas mais concentrados na fração silte, por serem mais resistentes à dispersão.

Os resultados aqui apresentados estão coerentes com os estudos desenvolvidos para os solos da região por Lima (2001).

3.2. Apresentação dos resultados por perfil

A seguir, no Apêndice 13.1, são exibidos os resultados de cada perfil incluindo os difratogramas das frações argila e silte para ilustração. São mostrados também comentários adicionais e/ou considerações relevantes envolvendo a sua interpretação e a pertinência dos minerais presentes.

De um modo geral, há grande semelhança entre os difratogramas dos horizontes de um mesmo perfil de solo, o que indica certa homogeneidade na constituição mineralógica em profundidade, evidenciada também mesmo naqueles horizontes diferenciados com descontinuidade morfológica. Entre os perfis, essa homogeneidade persiste em alguns solos de um mesmo pedoambiente. Isso pode ser verificado nos perfis do ambiente de várzeas e de terra firme (áreas não sujeitas à inundação sazonal), com base nos resultados apresentados.

Como pode ser observado nos difratogramas, os solos analisados podem ser agrupados com base em uma constituição mineralógica similar e na aparente predominância dos principais argilominerais entre si. Assim, considerando somente os minerais como caulinita, mica, esmectita e clorita, na fração argila, temos os seguintes agrupamentos:

Grupo 1 – Solos com mineralogia predominantemente caulinítica:

Argissolo Amarelo (AM-01) e Latossolo Amarelo (AM-02, PA-05 e PA-07)

Espodossolo Humilúvico (AM-09) e Neossolo Quartzarênico (PA-06)

Grupo 2 – Solo com caulinita aparentemente predominante, contendo mica e vermiculita:

Gleissolo Háptico Ta Distrófico neofluvissólico (AM-12)

Grupo 3 – Solo com caulinita, mica, esmectita e vermiculita, sem predominância aparente:

Plintossolo Argilúvico Alumínico (AM-08)

Grupo 4 – Solos com mica, esmectita e clorita aparentemente predominantes (em conjunto) sobre a caulinita:

Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico (AM-07), Vertissolo Hidromórfico Órtico (PA-14)

Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (AM-05, AM-06, AM-11, AM-15, AM-16 e PA-13)

Grupo 5 – Solo com mineralogia predominantemente caulinítica, porém de ambiente flúvio-lacustre:

Organossolo Háptico Hêmico (PA-17)

4. Considerações finais

Os resultados observados na análise mineralógica do presente estudo são coerentes com as características apontadas tanto para os solos em si, quanto para o ambiente onde ocorrem. Pela expressão dos difratogramas apresentados para cada perfil, representados pelo(s)

horizonte(s) analisado(s), podemos considerar as seguintes justificativas para o agrupamento dos solos estudados nesta RCC, conforme mencionado no item anterior.

Considera-se, no primeiro grupo, os solos mais evoluídos, com relação ao intemperismo e à pedogênese, característicos do ambiente do bioma amazônico, como os Argissolos Amarelos (AM-01) e Latossolos Amarelos (AM-02, PA-05 e PA-07), desenvolvidos sobre material de origem da Formação Alter do Chão, situados em condições de relevo com altitudes mais elevadas (maior que 50 m), tendo a caulinita como mineral predominante. Seguindo essa predominância mineralógica, podem ser englobados nesse grupo o Neossolo Quartzarênico Órtico húmico (PA-06) e o Espodossolo Humilúvico Hiperespesso típico (AM-09), situados em cotas de 39 m e 71 m, respectivamente, ambos desenvolvidos sobre material essencialmente arenoso e quartzoso, da Formação Alter do Chão, originalmente muito intemperizado. É com surpresa que se verifica a homogeneidade da constituição mineralógica nos três horizontes analisados do perfil AM-09 (Espodossolo) (vide Figuras 10 e 11).

No segundo grupo, considerou-se o Gleissolo Háptico Ta Distrófico neofluvíssólico (AM-12), pela sua constituição mineralógica, com a caulinita aparentemente predominante, contendo também mica e vermiculita. Esse solo desenvolve-se sobre sedimentos aluvionares, em ambiente de planície de inundação, com altitude de 22 m. Embora tenha sido classificado originalmente como Ta, ressalta-se que, pelo valor apresentado no horizonte analisado, a atividade da fração argila é baixa ($18 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) (vide Tabela 13.1).

No terceiro grupo foi considerado o Plintossolo Argilúvico Alumínico (AM-08), por sua constituição mineralógica composta por caulinita, mica, esmectita e vermiculita, sem predominância aparente. Esse solo desenvolve-se sobre sedimentos aluvionares, em ambiente de terraços, depositados durante o Pleistoceno, com altitude de 26 m.

No quarto grupo foram considerados todos os solos de várzea, pelo surpreendente resultado da análise mineralógica muito semelhante para os horizontes analisados e para os perfis entre si, independentemente da distância entre eles. Este comportamento revela que apesar da influência dos distintos processos de inundação e deposição de materiais nas várzeas, a natureza dos sedimentos transportados parece ser muito semelhante. Esse grupo engloba os solos desenvolvidos sobre sedimentos aluvionares, depositados durante o Holoceno. São representados pelos seguintes perfis: Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico (AM-07), Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (AM-05, AM-06, AM-11, AM-15, AM-16 e PA-13) e Vertissolo Hidromórfico (PA-14). Verifica-se que o resultado da análise mineralógica é bastante homogêneo e possui grande semelhança para todos os perfis. Os solos apresentam a seguinte constituição mineralógica: mica, esmectita e clorita, que sendo consideradas em conjunto são aparentemente predominantes sobre a caulinita. A presença expressiva da esmectita, aliada aos outros dois constituintes com estrutura 2:1, favorece e justifica os valores elevados para a atividade da fração argila, como pode ser verificado na Tabela 13.1.

No quinto grupo foi considerado o Organossolo Háptico Hêmico típico (PA-17). Esse solo apresenta mineralogia predominantemente caulínica e desenvolve-se sobre sedimentos flúvio-lacustres, depositados durante o Holoceno, em ambiente de várzea. A altitude desse perfil é de apenas 3 m. Conforme valores demonstrados na Tabela 13.1, esse solo é o que possui

o maior valor para a atividade da fração argila. Esse fato reforça a importância da matéria orgânica para esse atributo, posto que a mineralogia exerce pouca ou nenhuma influência sobre ele, nesse solo especificamente.

Referências

BARNHISEL, R. I.; BERTSCH, P. M. Chlorites and hydroxy-interlayered vermiculite and smectite. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (ed.). **Minerals in soil environments**. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. cap. 15, p. 729-788. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssabookser1.2ed.c15>.

BERRY, L. G. (ed.). **Selected powder diffraction data for minerals**. Swarthmore, PA: Joint Committee on Powder Diffraction Standards, 1974. 833 p.

BRANCO, P. de M. **Dicionário de mineralogia e gemologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 608 p.

BRINDLEY, G. W.; BROWN, G. (ed.). **Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification**. London: Mineralogical Society, 1984. 495 p. DOI: <https://doi.org/10.1180/mono-5>.

CALDERANO, S. B.; CARVALHO FILHO, A. de; LUMBREERAS, J. F.; GREGORIS, G. Mineralogia da fração argila dos solos da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: estado do Acre. In: SILVA, L. M. da; ANJOS, L. H. C. dos; LUMBREERAS, J. F.; PEREIRA, M. G.; WADT, P. G. S. (ed.). **Pesquisas coligadas da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: solos de formações sedimentares em sistemas amazônicos: potencialidades e demandas de pesquisa**. Brasília, DF: Embrapa, 2019a. E-book. cap. 2. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1110799>. Acesso em: 2 set. 2025.

CALDERANO, S. B.; DUARTE, M. N.; GREGORIS, G. Análise mineralógica das frações argila e silte por difratometria de raios-X. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. pt. 4, cap. 3, p. 452-471. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1107360>. Acesso em: 2 set. 2025.

CALDERANO, S. B.; DUARTE, M. N.; GREGORIS, G. **Análise mineralógica das frações finas do solo por difratometria de raios-X**: revisão e atualização da metodologia e critérios usados na Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 9 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 53). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/660961>. Acesso em: 2 set. 2025.

CALDERANO, S. B.; OLIVEIRA, A. P. de; GREGORIS, G. Mineralogia da fração argila dos solos da XII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: estado de Rondônia. In: LUMBREERAS, J. F.; SILVA, L. M. da; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; COELHO, M. R.; WADT, P. G. S.; PEREIRA, M. G.; DELARME LINDA-HONORÉ, E. A.; BURITY, K. T. L. (ed.). **Guia de campo da XII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Rondônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2019b. E-book. cap. 7. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1112765>. Acesso em: 2 set. 2025.

DIXON, J. B.; WEED, S. B. (ed.). **Minerals in soil environments**. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. 1244 p. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssabookser1.2ed>.

DONAGEMMA, G. K.; CALDERANO, S. B.; VIANA, J. H. M. Separação das frações granulométricas do solo para análises mineralógicas. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. pt. 4, cap. 1, p. 439-442. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1107355>. Acesso em: 2 set. 2025.

FANNING, D. S.; KERAMIDAS, V. Z.; EL-DESOKY, M. A. Micas. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (ed.). **Minerals in soil environments**. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. cap. 12, p. 551-634. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssabookser1.2ed.c12>.

FONTES, M. P. F. Vermiculita ou esmectita com hidróxi nas entrecamadas: proposição de nomenclatura. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 1, p. 24-28, 1990.

GRABOWSKA-OLSZEWSKA, B.; OSIPOV, V.; SOKOLOV, V. **Atlas of the microstructure of clay soils**. Warszawa: Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 1984. 414 p.

HILLIER, S. Quantitative analysis of clay and other minerals in sandstones by X-ray powder diffraction (XRPD). In: WORDEN, R. H.; MORAD, S. (ed.). **Clay mineral cements in sandstones**. Malden: Blackwell Publishing, 2003. cap. 11, p. 213-251. (International Association of Sedimentologists. Special publication, 34). DOI: <https://doi.org/10.1002/9781444304336.ch11>.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis: advanced course**. 2nd ed. Madison: University of Wisconsin, 1975. 895 p.

KÄMPF, N.; AZEVEDO, A. C.; COSTA JUNIOR, M. I. da. Estrutura básica de argilomineral 2:1 com hidróxi-Al entrecamadas em Latossolo Bruno do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 2, p. 185-190, 1995.

KÄMPF, N.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; VENEGAS, V. H. A. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p. 1-54.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001. 176 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/7934>. Acesso em: 2 set. 2025.

MINCRYST: crystallographic and crystallochemical database for minerals and their structural analogues. Disponível em: <http://database.iem.ac.ru/mincryst>. Acesso em: 10 ago. 2022.

MOORE, D. M.; REINOLDS JUNIOR, R. C. **X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals**. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 1997. 378 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C.; RESENDE, S. B. de. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretações e aplicações**. Lavras: UFLA, 2005. 192 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 2 set. 2025.

SANTOS, R. D. dos; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101 p.

THOREZ, J. **Practical identification of clay minerals: a handbook for teachers and students in clay mineralogy**. Dison: G. Lelotte, 1976. 90 p.

Apêndice 13.1. Difratogramas de raios-X das frações argila e silte.

A seguir são apresentados os resultados de cada perfil incluindo os difratogramas para ilustração (Figuras 1 a 26). Segue-se nesta apresentação a mesma ordem de descrição e estudos dos solos contidos no Capítulo 9 e na Tabela 13.1.

Perfil AM-01 – Argissolo Amarelo Distrófico latossólico antrópico, textura média/argilosa/muito argilosa, epieutrófico, caulínítico, Tmb, mesoférrico, fase floresta equatorial perenifólia, relevo plano. Horizonte Bt, amostra 23.3001.

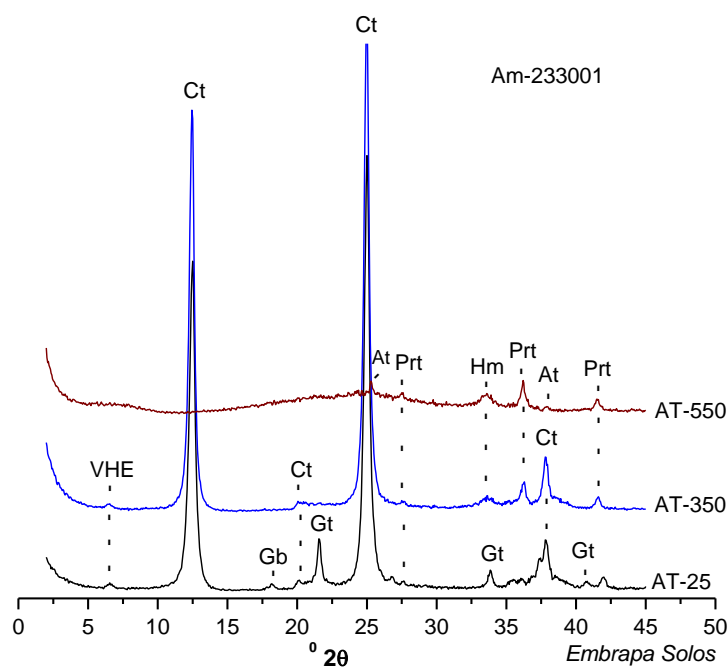


Figura 13.1. Difratogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte Bt, perfil AM-01 (XV RCC). VHE - vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, Ct - caulinita, Gb - gibbsita, Gt - goethita, At - anatásio, Prt - pseudorrutilo, Hm - hematita formada após aquecimento. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

Perfil AM-02 – Latossolo Amarelo Distrófico petroplúntico, textura muito argilosa, A moderado, endoconcrecionário, álico, caulínico, Tmb, hipoférrico, fase floresta equatorial perenifólia, relevo forte ondulado. Horizonte Bw4, amostra 23.3009.

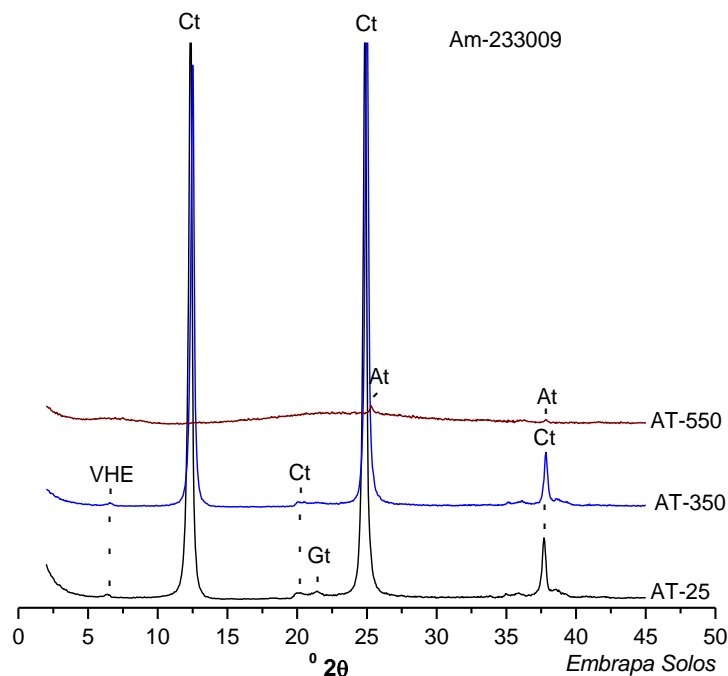


Figura 13.2. Difratoformas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte Bw4, perfil AM-02 (XV RCC). VHE - vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, Ct - caulinita, Gt - goethita, At - anatásio. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

Perfil AM-05 – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico neofluvíssólico, textura siltosa, A moderado, Tma, fase floresta equatorial hidrófila de várzea, relevo plano. Horizontes 3Cg2 e 4Cg3, amostras 23.3491 e 23.3492.

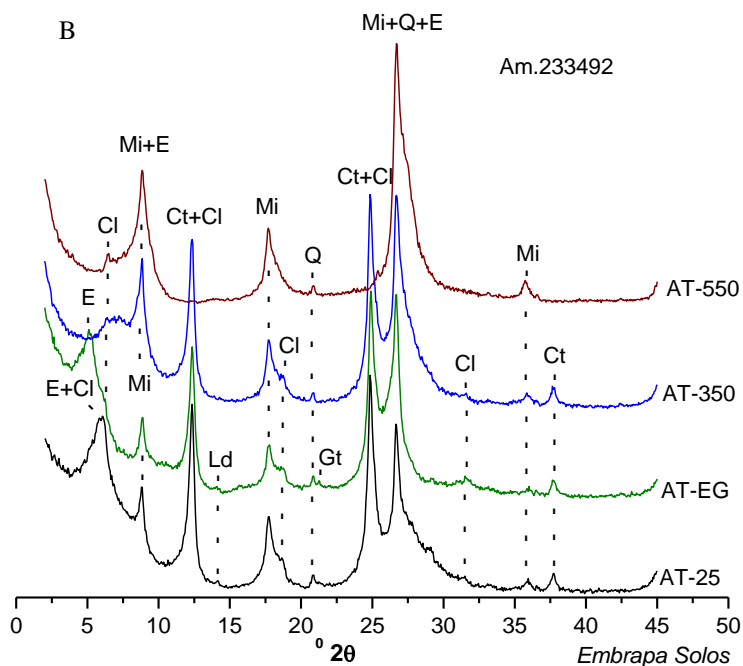
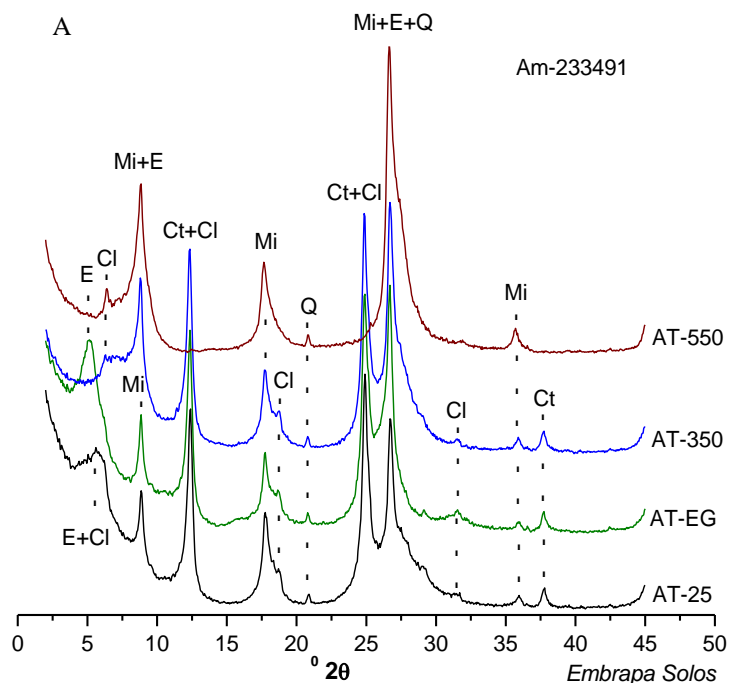


Figura 13.3. Difratoformas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila dos horizontes 3Cg2 (A) e 4Cg3 (B), perfil AM-05 (XV RCC). E - esmectita, Cl - clorita, Mi - mica, Ct - caulinita, Ld - lepidrocrocita, Gt - goethita, Q - quartzo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

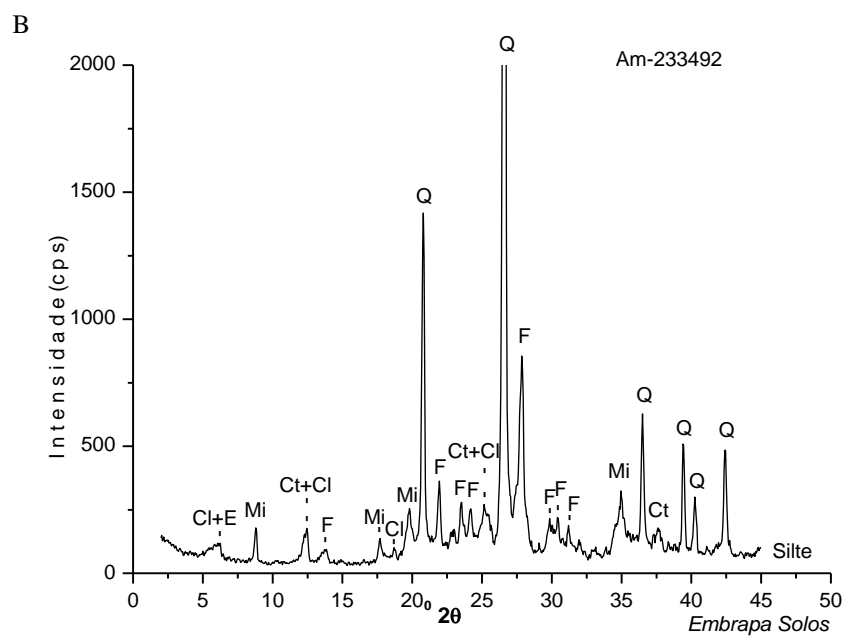
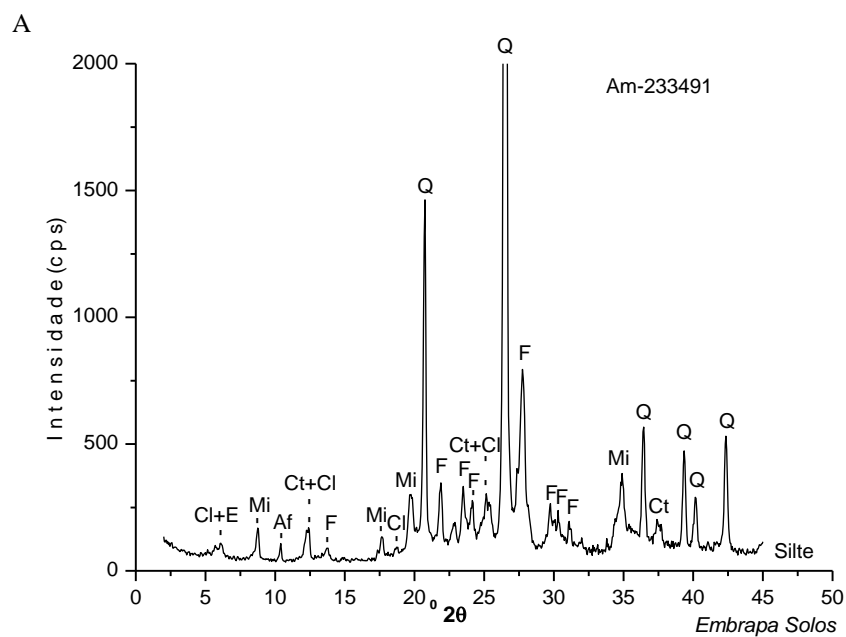


Figura 13.4.
Difratogramas de raios-X (montagem não orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração silte dos horizontes 3Cg2 (A) e 4Cg3 (B), perfil AM-05 (XV RCC).

Cl - clorita,
E - esmectita,
Mi - mica,
Af - anfibólio,
Ct - caulinita,
F - feldspato,
Q - quartzo.

Perfil AM-06 – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico neofluvissólico, textura média/siltosa/média, A moderado, Tma, fase floresta equatorial higrófila de várzea, relevo plano. Horizontes 5Cg3 e 6Cg4, amostras 23.3498 e 23.3499.

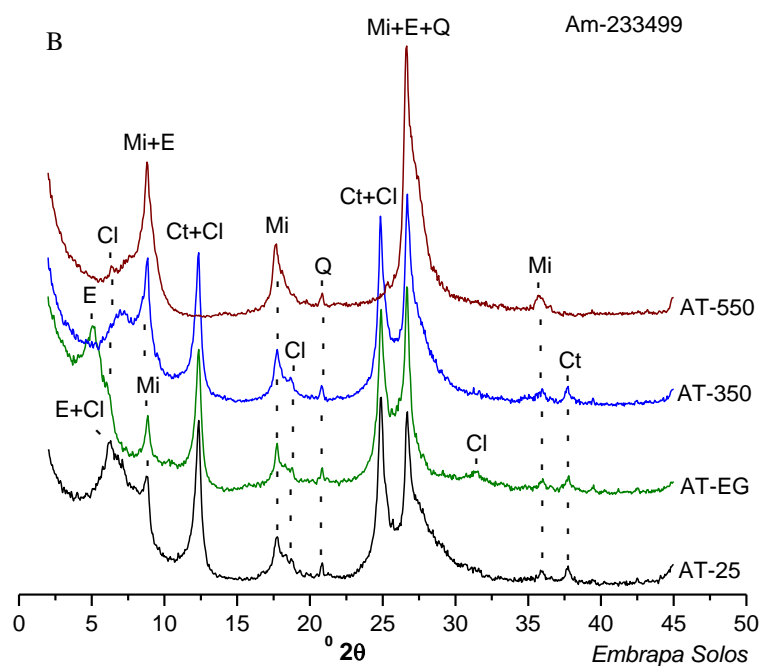
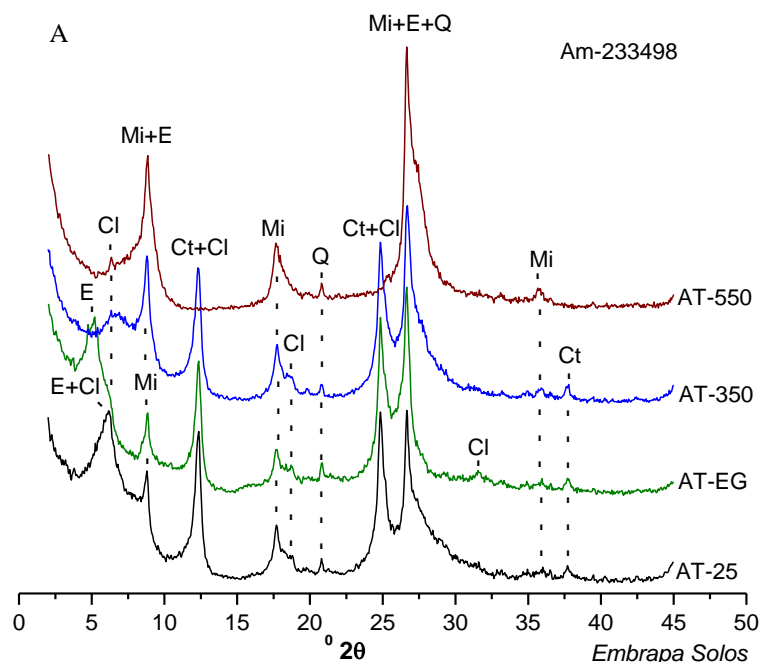


Figura 13.5. Difractogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila dos horizontes 5Cg3 (A) e 6Cg4 (B), perfil AM-06 (XV RCC). E - esmectita, Cl - clorita, Mi - mica, Ct - caulinita, Q - quartzo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

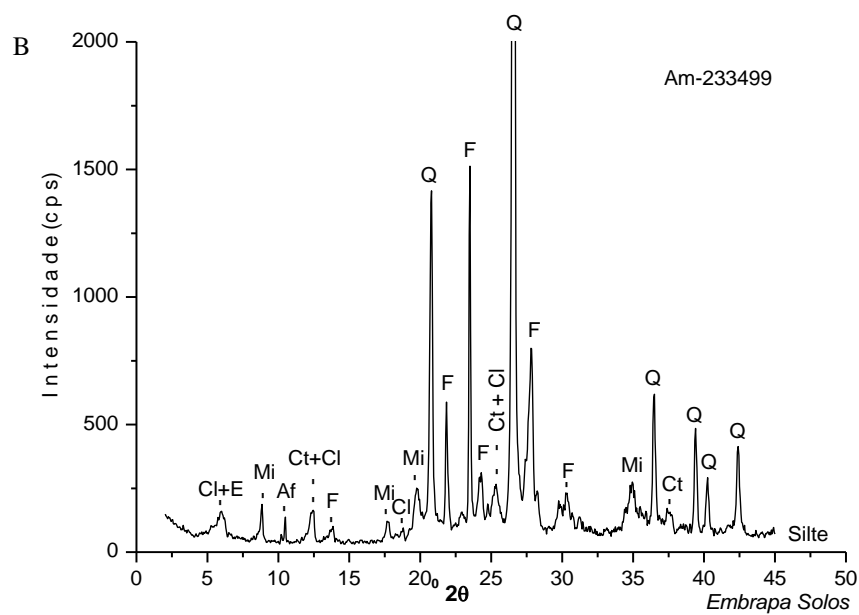
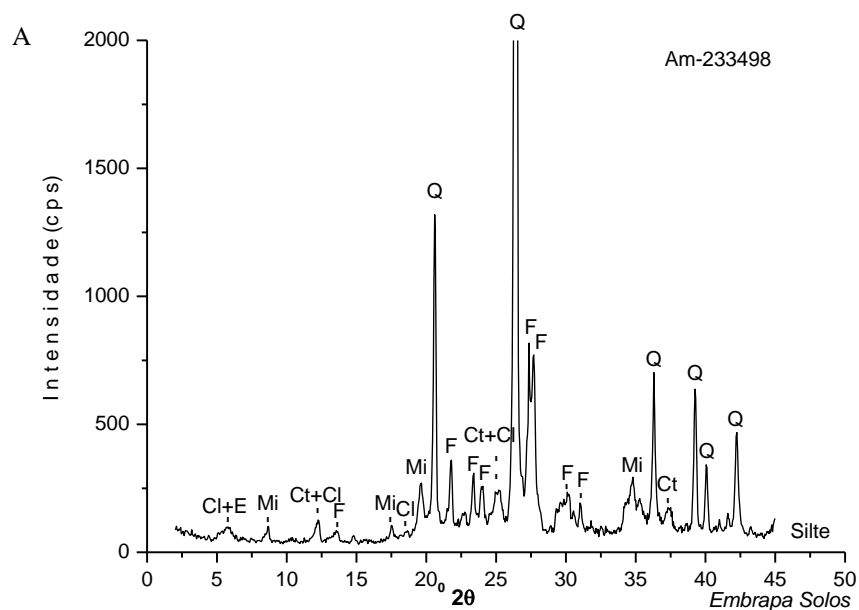
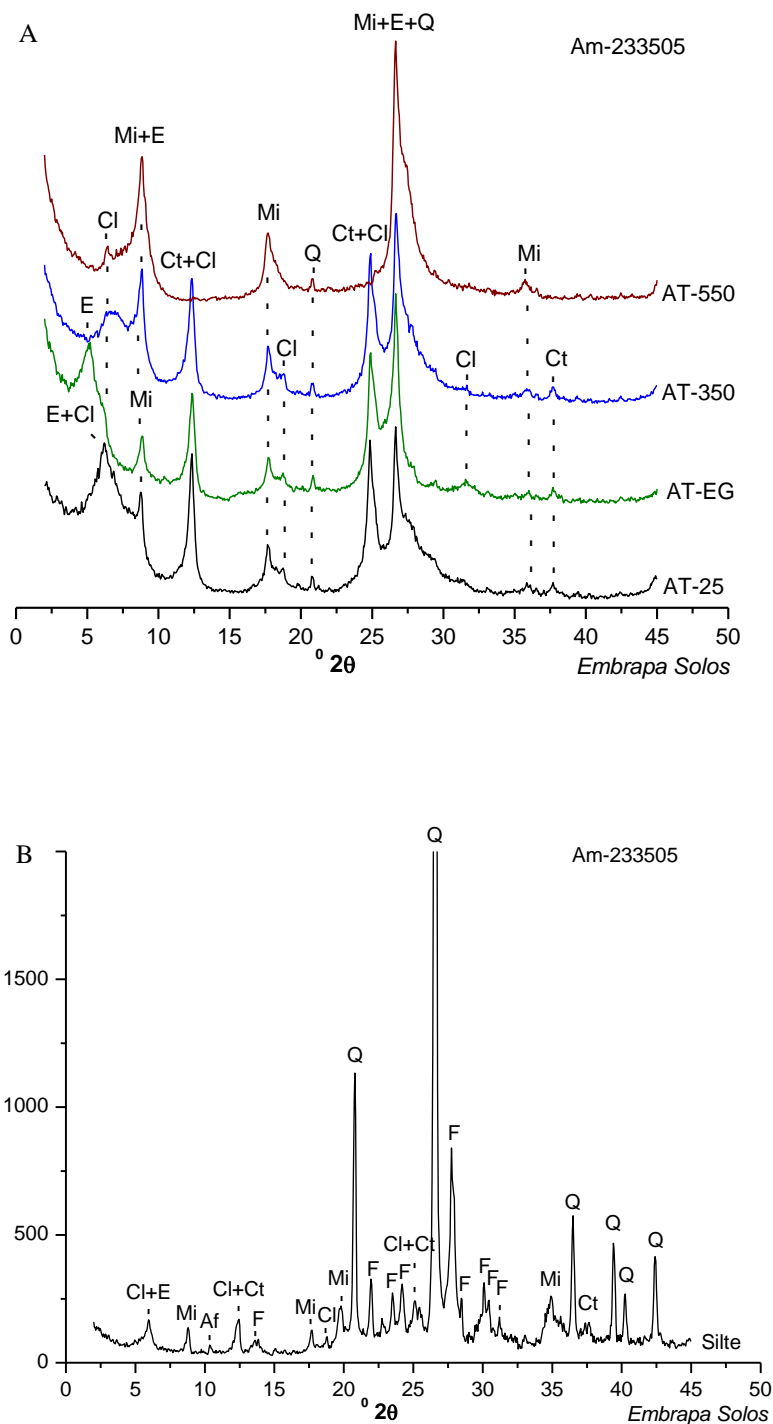


Figura 13.6.
Difratogramas de raios-X (montagem não orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração silte dos horizontes 5Cg3 (A) e 6Cg4 (B), perfil AM-06 (XV RCC).

Cl - clorita,
E - esmectita,
Mi - mica,
Af - anfibólio,
Ct - caulinita,
F - feldspato,
Q - quartzo.

Perfil AM-07 – Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, textura média/siltosa, A moderado, Tma, fase floresta tropical higrófila de várzea, relevo plano. Horizonte 2C, amostra 23.3505.

Figura 13.7. Difratogramas de raios-X, radiação CuK α , da fração argila (A) (montagem orientada) e da fração silte (B) (montagem não orientada), do horizonte 2C, perfil AM-07 (XV RCC).
 E - esmectita,
 Cl - clorita,
 Mi - mica,
 Ct - caulinita,
 Q - quartzo,
 Af - anfibólio,
 F - feldspato.
 AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.



Perfil AM-08 – Plintossolo Argilúvico Alumínico gleissólico, textura média/argilosa/muito argilosa, A moderado, epiálico, Tmoa, fase floresta equatorial higrófila de várzea, relevo plano. Horizontes 2Btgf2 e 2Cg1, amostras 23.3511 e 23.3512.

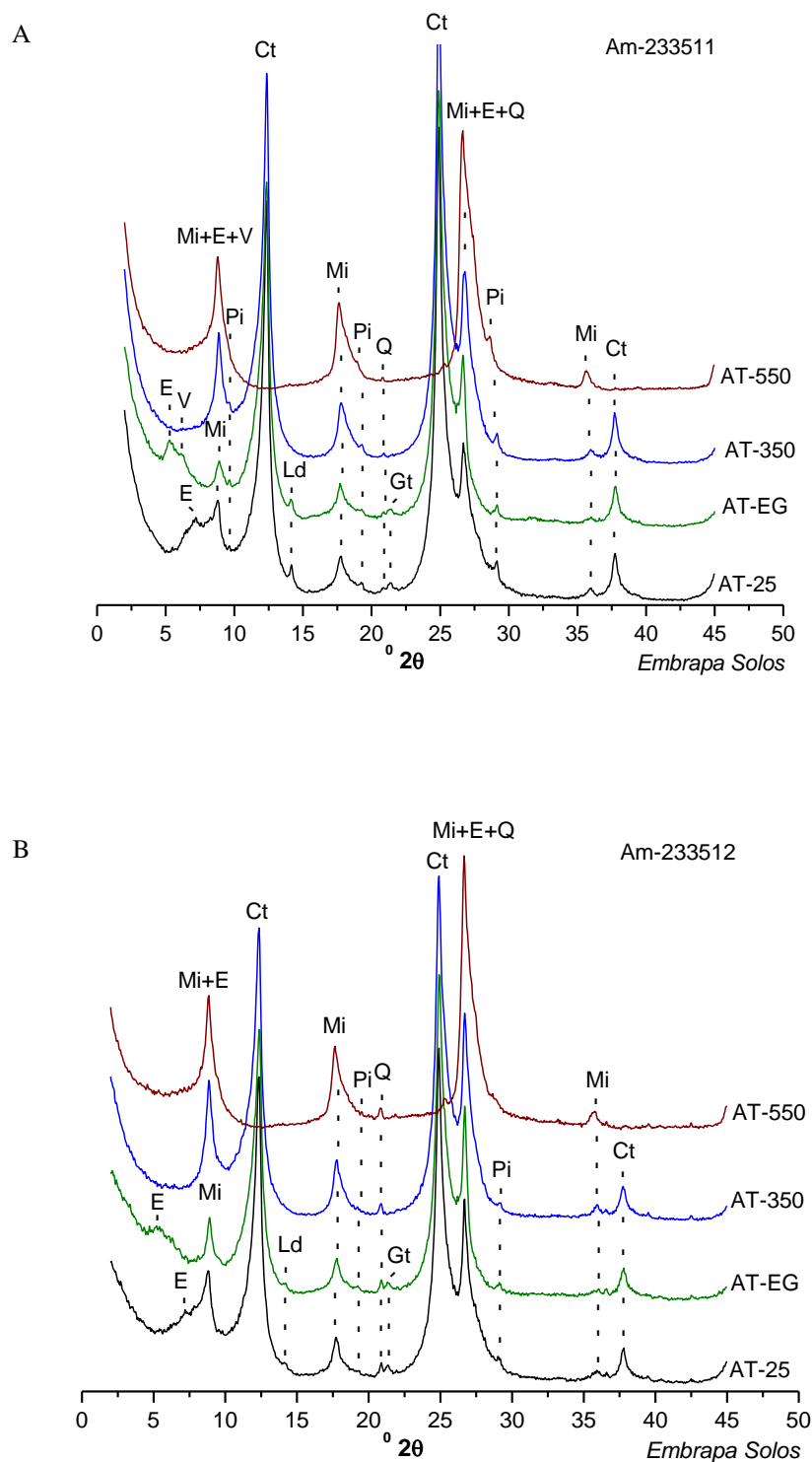


Figura 13.8. Difratogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte 2Btgf2 (A) e 2Cg1 (B), perfil AM-08 (XV RCC). E - esmectita, V - vermiculita, Mi - mica, Ct - caulinita, Ld - lepidocrocita, Gt - goethita, Q - quartzo, Pi - pirofilita. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

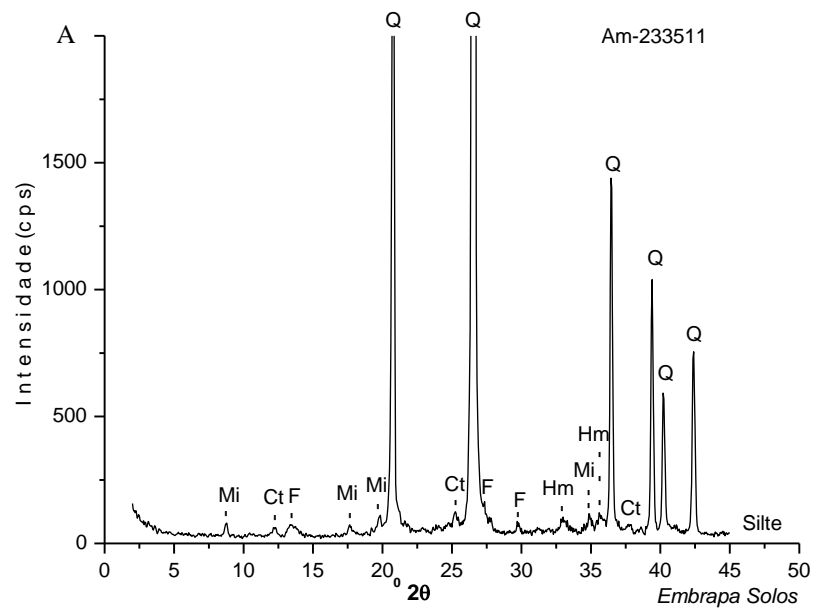
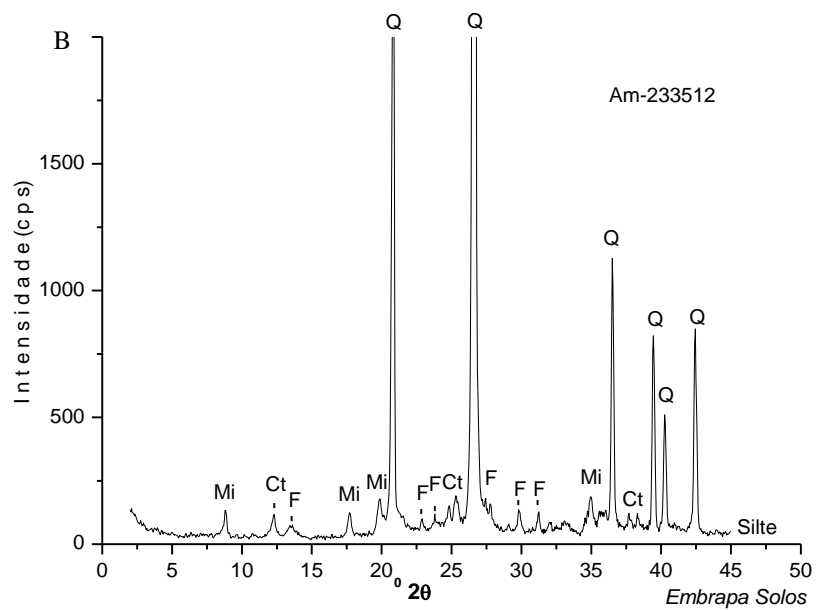


Figura 13.9.
 Difratoformas de raios-X (montagem não orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração silte dos horizontes 2Btgf2 (A) e 2Cg1 (B), perfil AM-08 (XV RCC).
 Mi - mica,
 Ct - caulinita,
 F - feldspato,
 Q - quartzo,
 Hm - hematita.



Perfil AM-09 – Espodossolo Humilúvico Hiperespesso típico, textura muito arenosa/arenosa-média/média-arenosa, A fraco, endodúrico, fase campinarana equatorial arbórea, relevo plano. Horizontes 3Bh, 4Bhsm e 4Bhs, amostras 23.3520, 23.3521 e 23.3522.

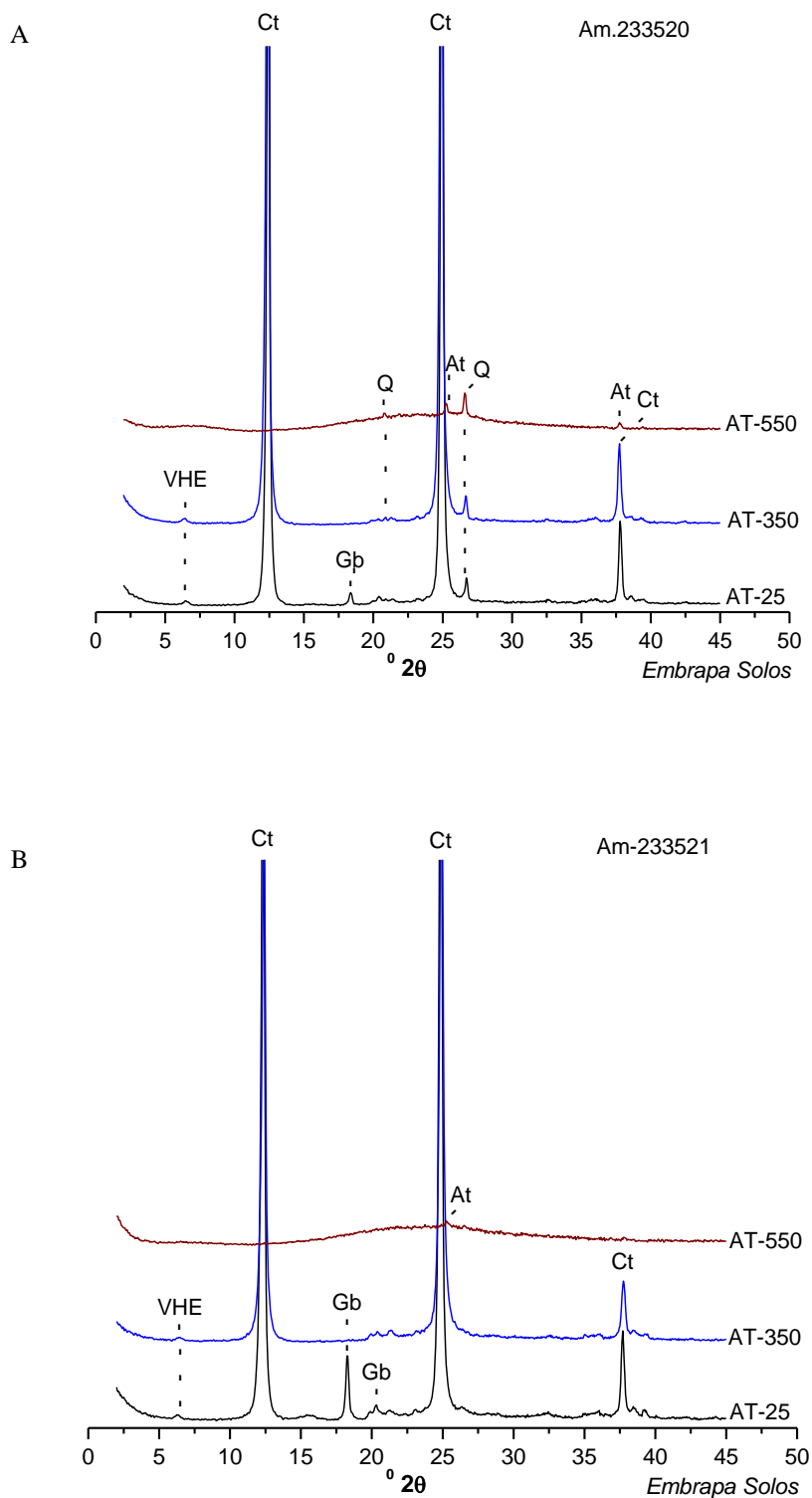


Figura 13.10. Difratoformas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila dos horizontes 3Bh (A) e 4Bhsm (B), perfil AM-09 (XV RCC). VHE - vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, Ct - caulinita, Gb - gibbsita, At - anatásio, Q - quartzo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

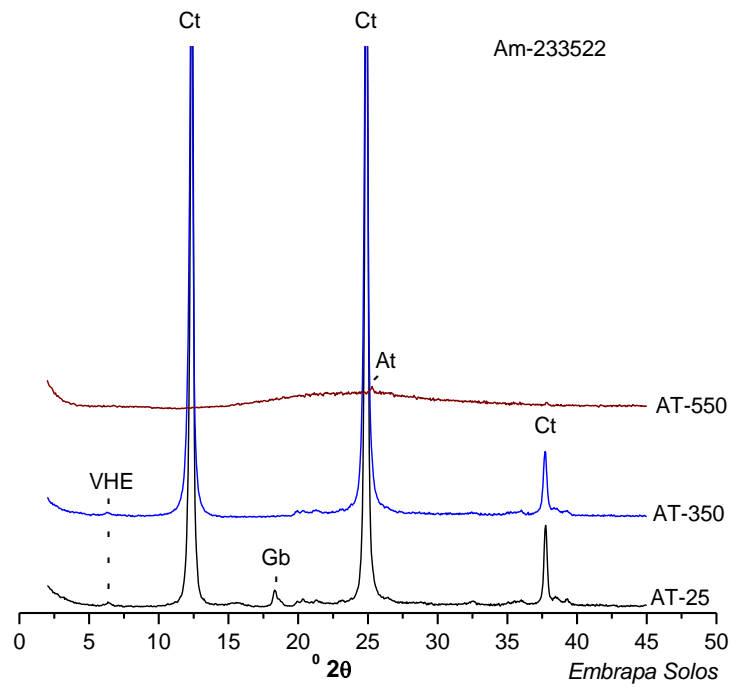


Figura 13.11. Difractogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte 4Bhs, perfil AM-09 (XV RCC). VHE - vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, Ct - caulinita, Gb - gibbsita, At - anatásio. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

Perfil AM-11 – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico neofluvisólico, textura siltosa-média/média-siltosa, A moderado, Tma, fase campo equatorial hidrófilo de várzea, relevo plano. Horizontes Cg2 e 4Cg5, amostras 23.3528 e 23.3531.

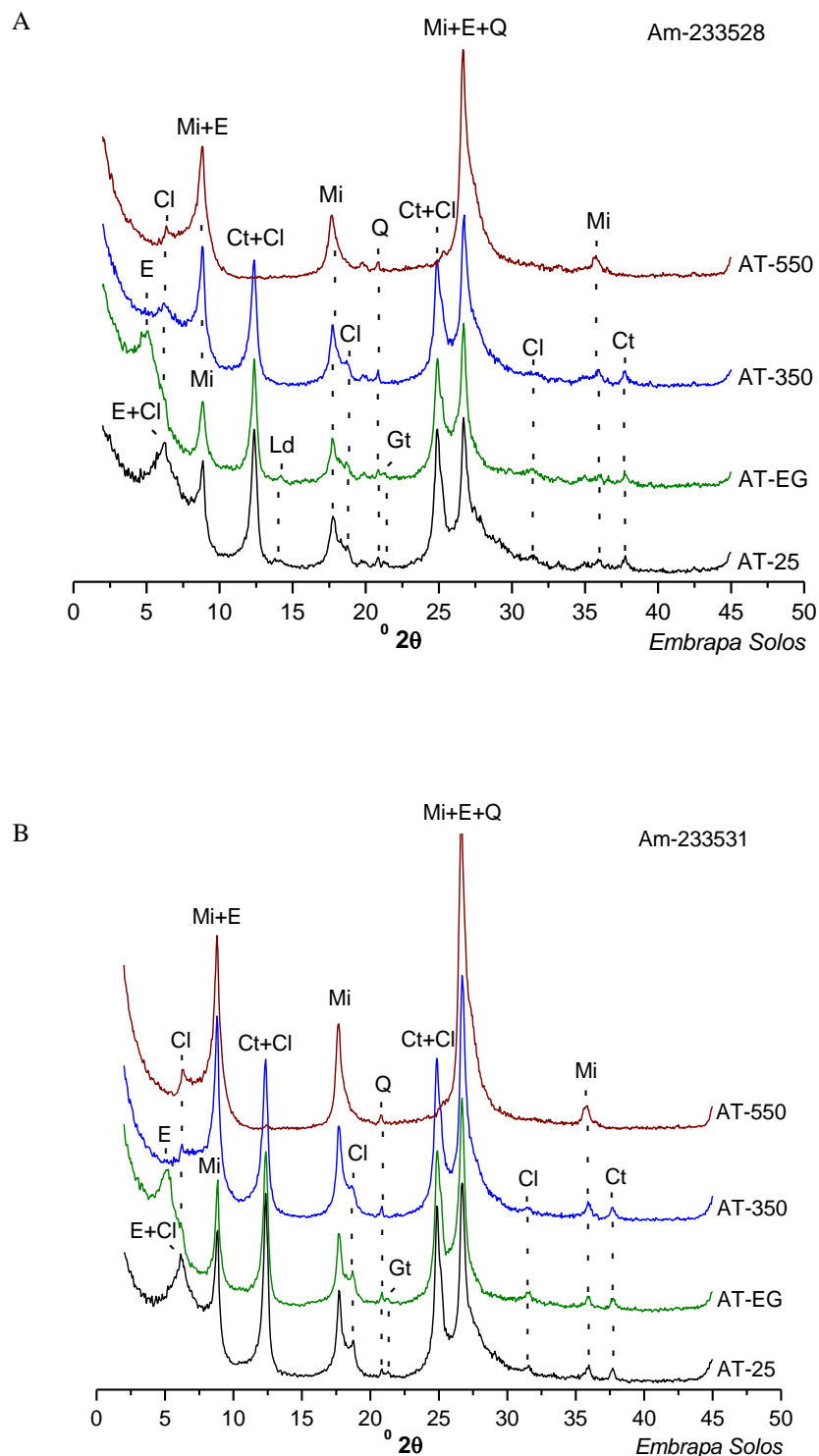


Figura 13.12. Difrátogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila dos horizontes Cg2 (A) e 4Cg5 (B), perfil AM-11 (XV RCC). E - esmectita, Cl - clorita, Mi - mica, Ct - caulinita, Ld - lepidocrocita, Gt - goethita, Q - quartzo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (AT-EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

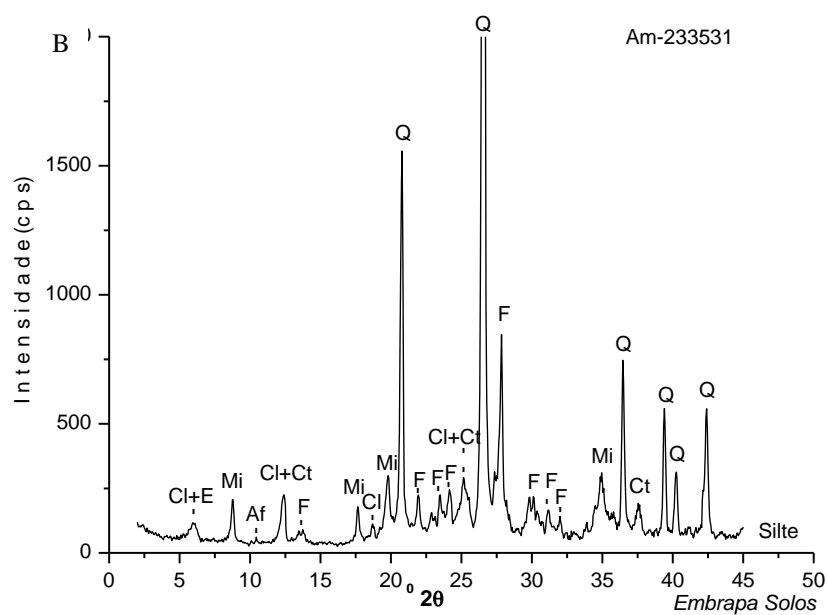
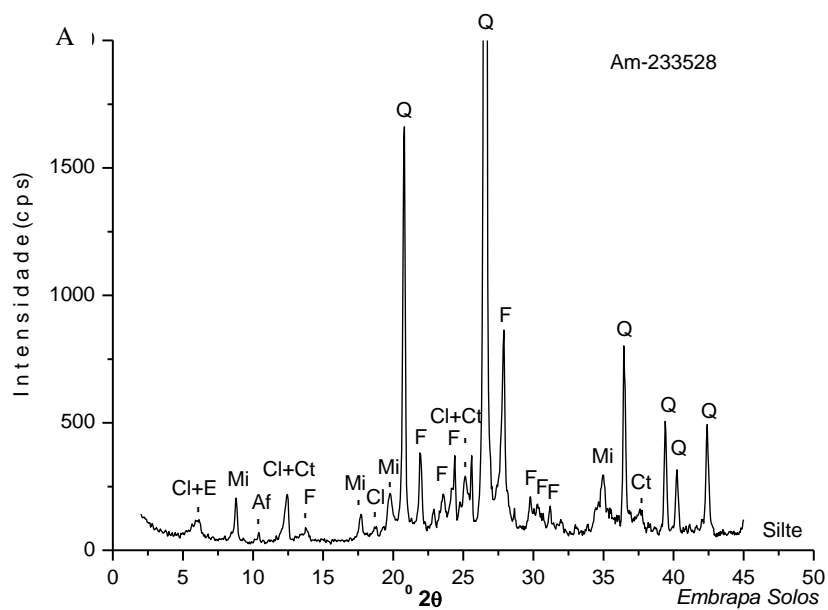


Figura 13.13.
 Difractogramas de raios-X (montagem não orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração silte dos horizontes Cg2 (A) e 4Cg5 (B), perfil AM-11 (XV RCC).

Cl - clorita,
 E - esmectita,
 Mi - mica,
 Af - anfibólio,
 Ct - caulinita,
 F - feldspato,
 Q - quartzo.

Perfil AM-12 – Gleissolo Háplico Ta Distrófico neofluvissólico, textura média, A moderado, álico, epialumínico, Tmoa, fase floresta equatorial hidrófila de várzea, relevo plano. Horizonte 5C'g2, amostra 23.3538.

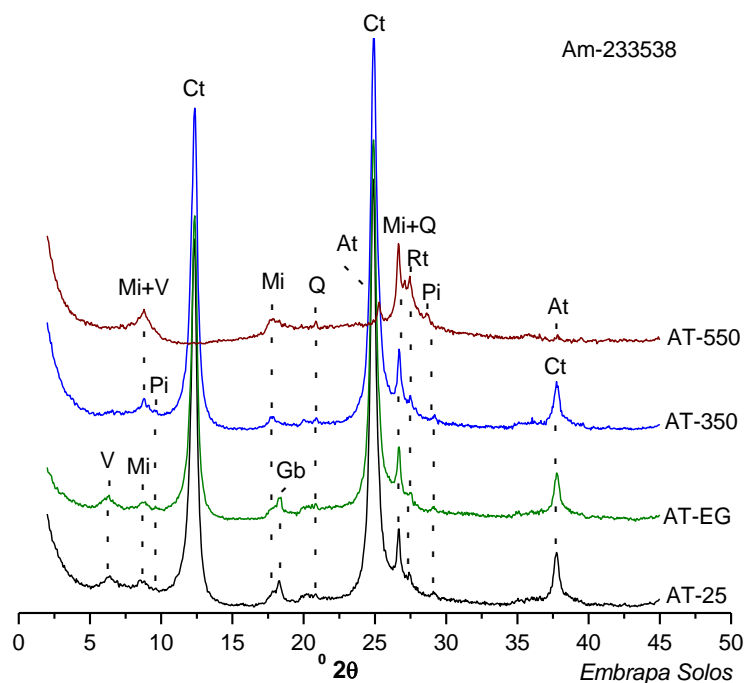


Figura 13.14. Difratoformas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte 5C'g2, perfil AM-12 (XV RCC). V - vermiculita, Mi - mica, Pi - pirofilita, Ct - caulinita, Gb - gibbsita, Q - quartzo, At - anatásio, Rt - rutilo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

Perfil AM-15 – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico neofluvíssólico, textura média/arenosa/siltosa, A fraco, Tma, fase floresta equatorial higrófila de várzea, relevo plano. Horizontes 5Cg1 e 6Cg3, amostras 23.3559 e 23.3561.

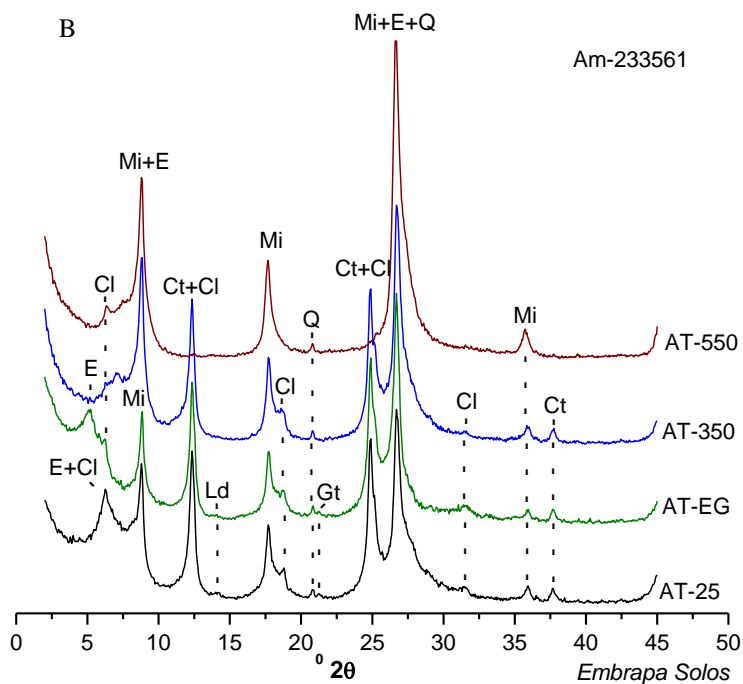
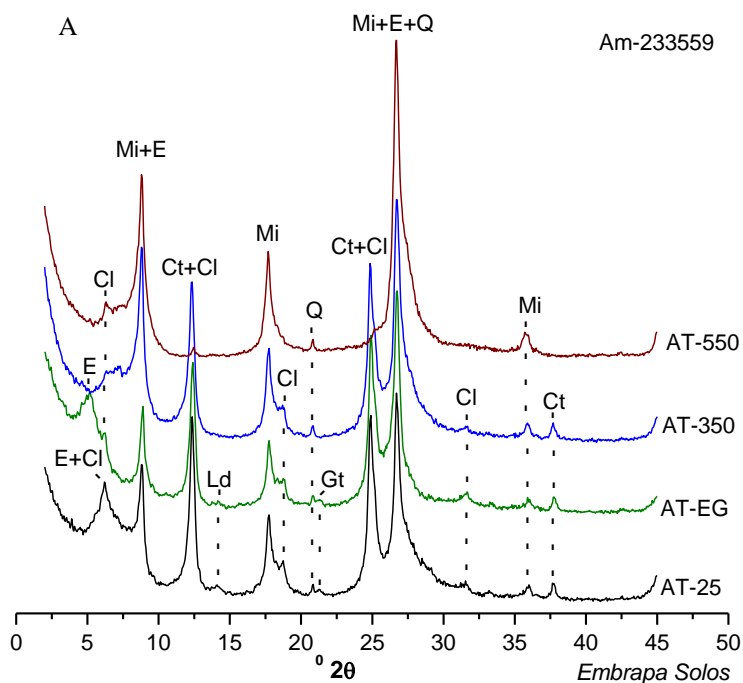


Figura 13.15. Difratoformas de raios-X (montagem orientada; radiação CuK α) da fração argila do horizonte 5Cg1 (A) e 6Cg3 (B), perfil AM-15 (XV RCC). E - esmectita, Cl - clorita, Mi - mica, Ct - caulinita, Ld - lepidocrocita, Gt - goethita, Q - quartzo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

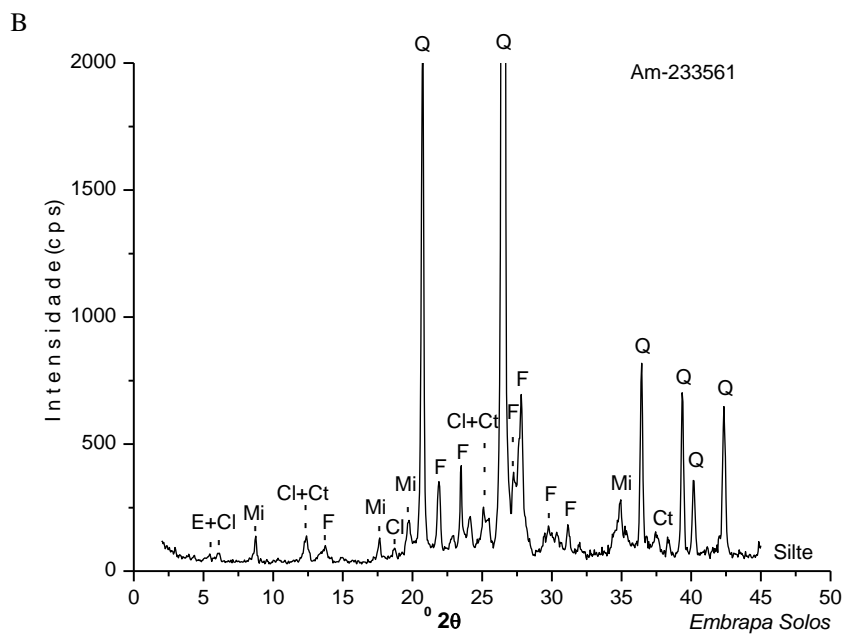
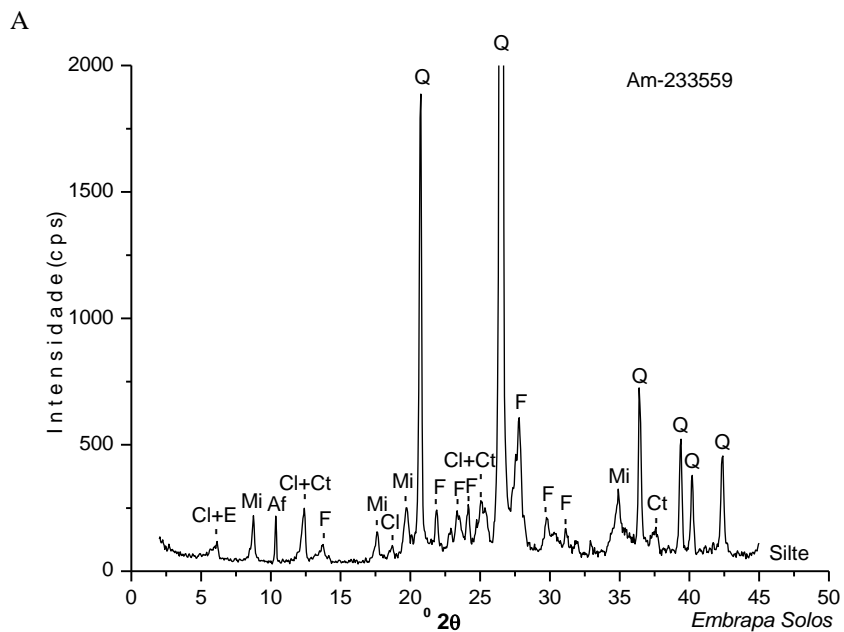


Figura 13.16. Difractogramas de raios-X (montagem não orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração silte dos horizontes 5Cg1 (A) e 6Cg3 (B), perfil AM-15 (XV RCC). Cl - clorita, E - esmectita, Mi - mica, Af - anfibólio, Ct - caulinita, F - feldspato, Q - quartzo.

Perfil AM-16 – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico solódico vertissólico, textura argilosa, A moderado, mesoendossolódico, Tma, fase campo tropical hidrófilo de várzea, relevo plano. Horizontes 2Cg e 2Cgn2, amostras 23.3566 e 23.3568.

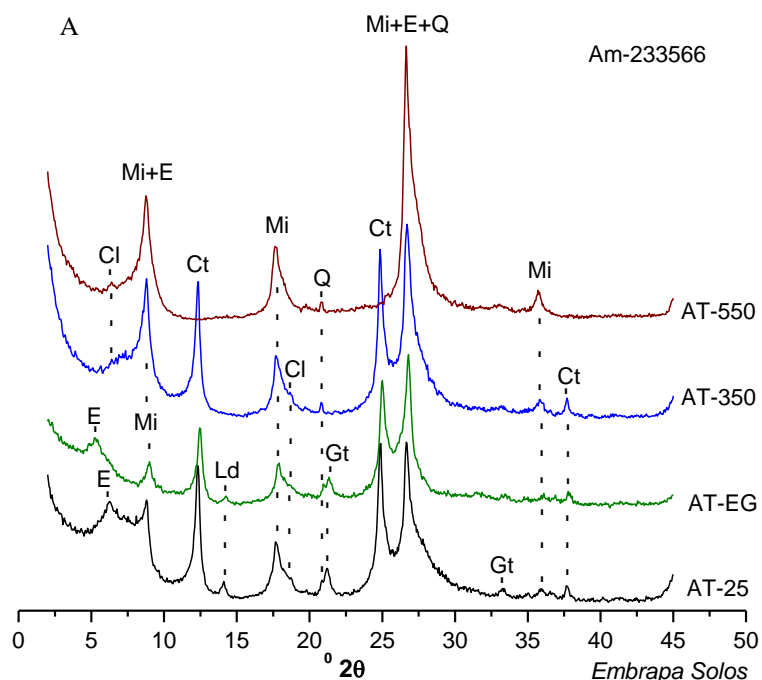
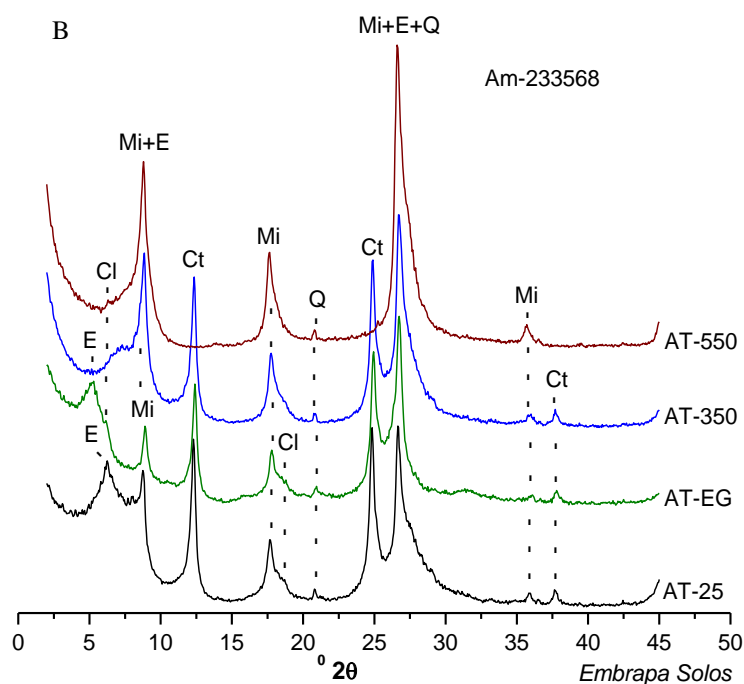
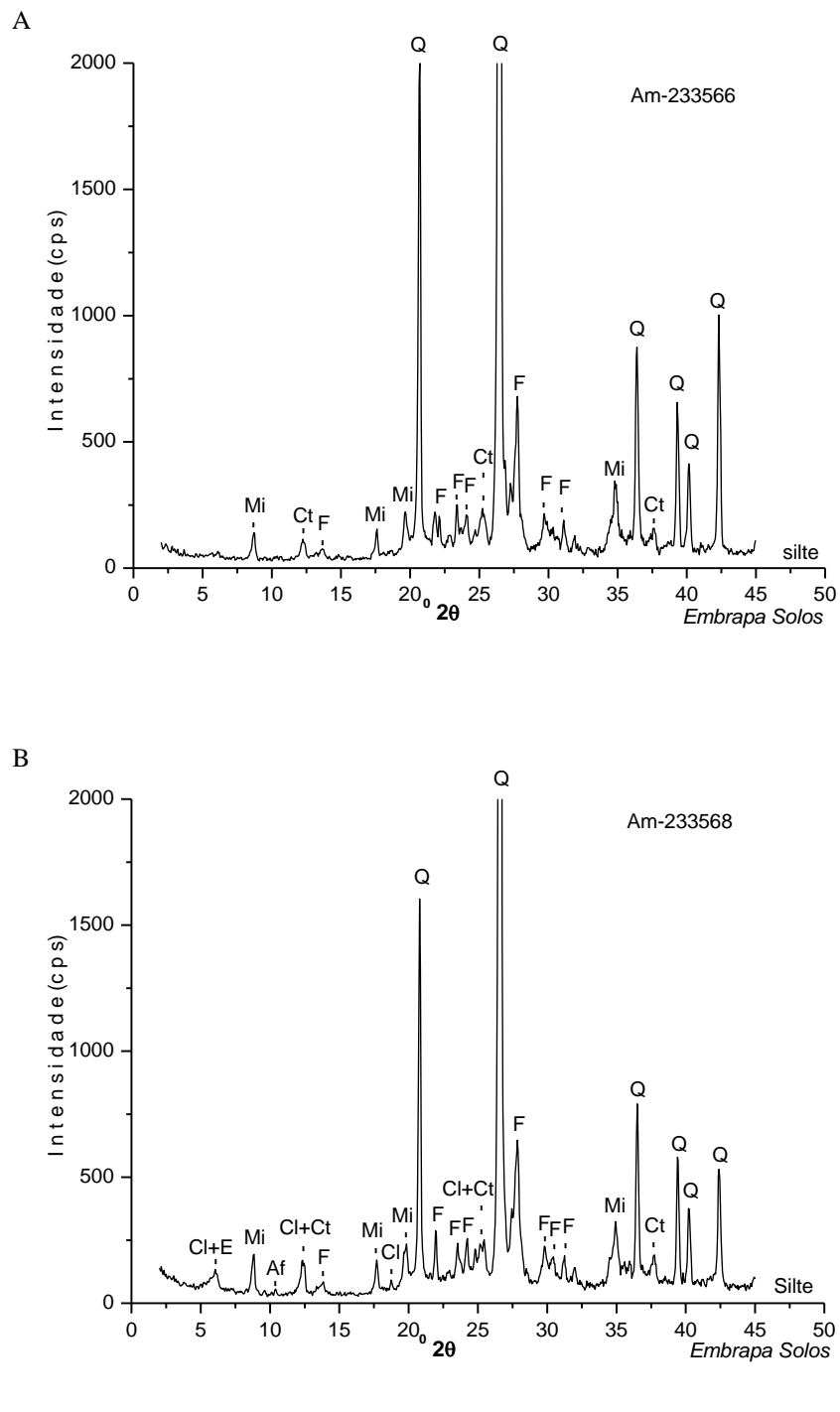


Figura 13.17. Difratogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte 2Cg (A) e 2Cgn2 (B), perfil AM-16 (XV RCC). E - esmectita, Cl - clorita, Mi - mica, Ct - caulinita, Ld - lepidrocrocita, Gt - goethita, Q - quartzo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.





Perfil PA-05 – Latossolo Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado, álico, epidistrófico, caulínico, Tmb, mesoférrico, fase floresta equatorial perenifólia, relevo plano. Horizonte Bw2, amostra 23.3016.

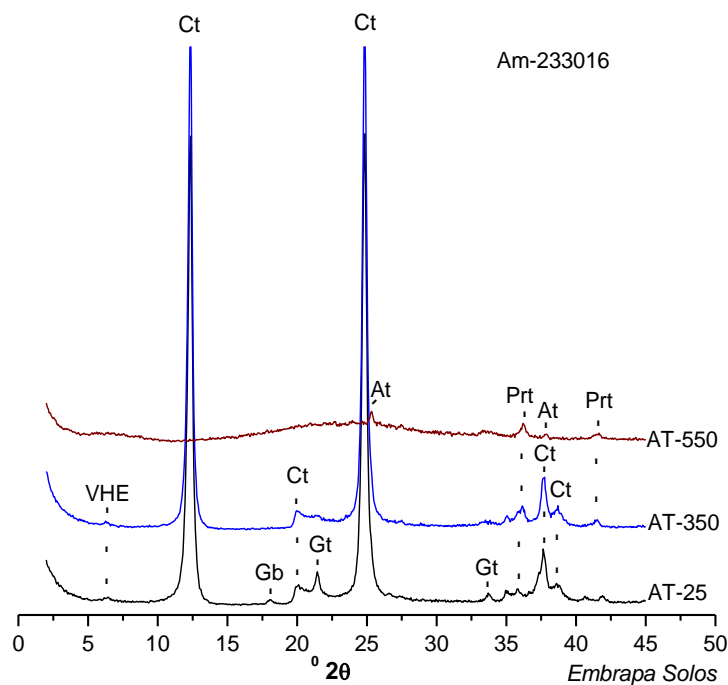


Figura 13.19. Difractogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte Bw2, perfil PA-05 (XV RCC). VHE - vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, Ct - caulinita, Gb - gibbsita, Gt - goethita, At - anatásio, Prt - pseudorrutilo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

Perfil PA-06 – Neossolo Quartzarênico Órtico húmico, textura arenosa-média, álico, fase cerrado equatorial subcaducifólio, relevo plano. Horizonte C, amostra 23.3024.

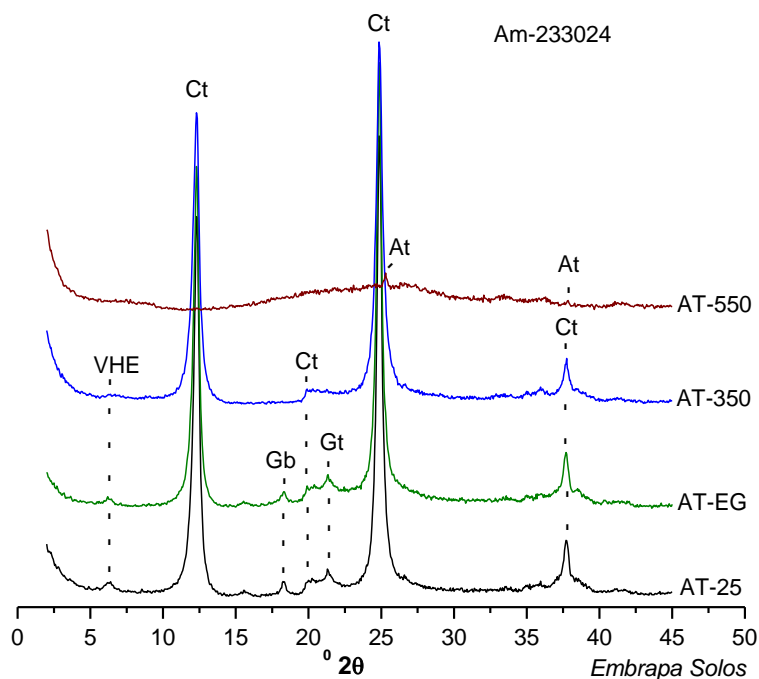


Figura 13.20. Difratoigramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte C, perfil PA-06 (XV RCC). VHE - vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, Ct - caulinita, Gb - gibbsita, Gt - goethita, At - anatásio. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

Perfil PA-07 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico, textura muito argilosa, álico, epidistrófico, caulínico, Tmb, hipoférrico, fase floresta equatorial perenífólia, relevo plano. Horizonte Bw, amostra 23.3032.

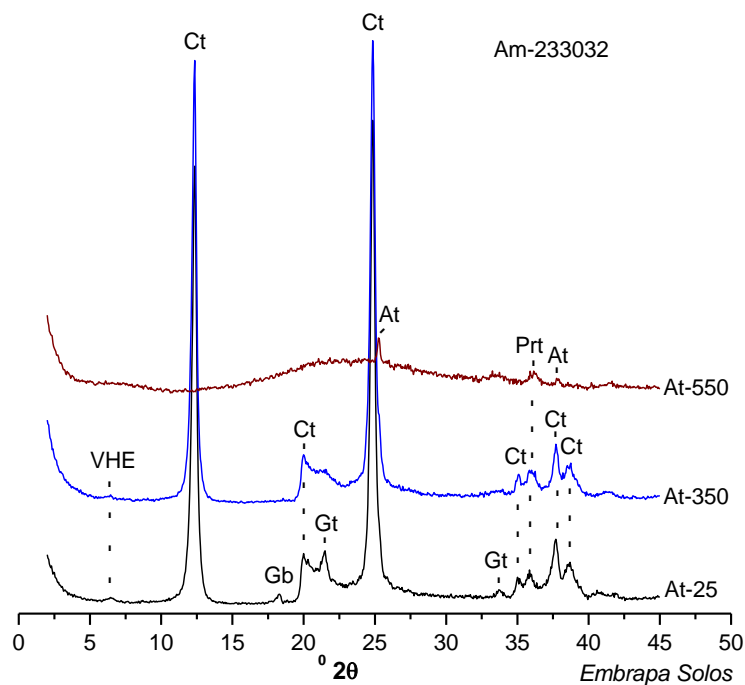


Figura 13.21. Difratomogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte Bw, perfil PA-07 (XV RCC). VHE - vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas; Ct - caulinita; Gb - gibbsita; Gt - goethita; At - anatásio; Prt - pseudorritilo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

Perfil PA-13 – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico solódico vertissólico, textura argilosa/siltosa, A moderado, endossódico, Tma, fase floresta equatorial higrófila de várzea, relevo plano. Horizontes 2Cg2 e 3Cgn2, amostras 23.3542 e 23.3544.

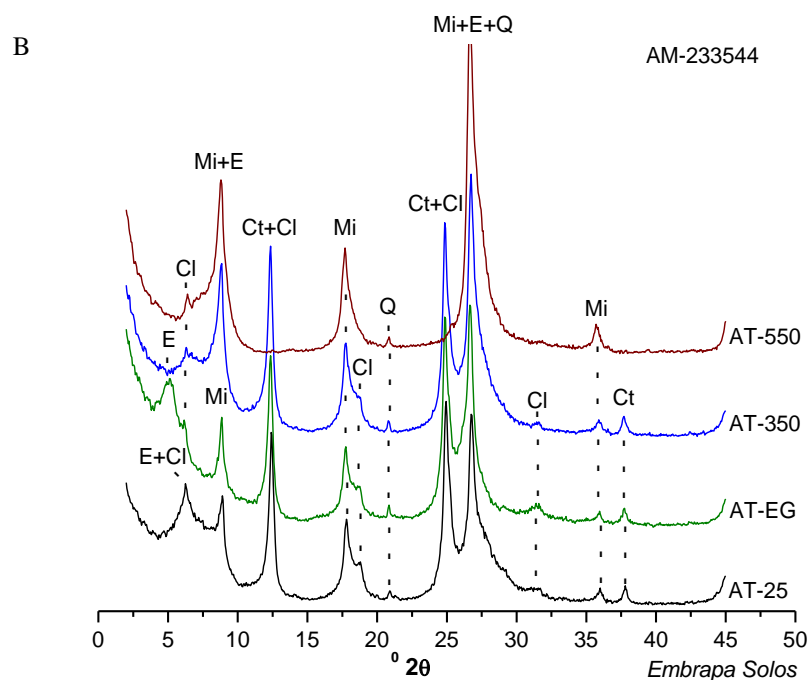
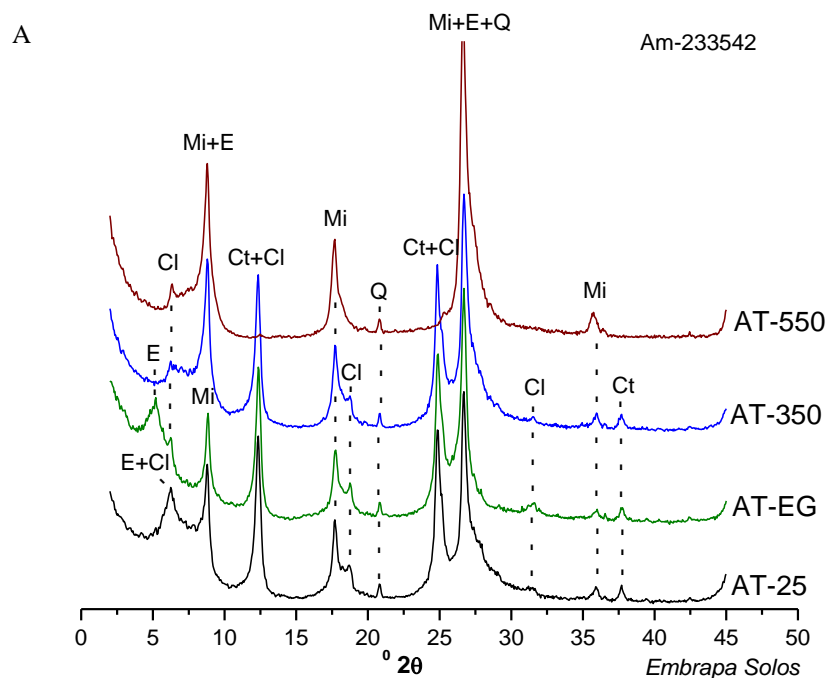


Figura 13.22.

Difratogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte 2Cg2 (A) e 3Cgn2 (B), perfil PA-13 (XV RCC). E - esmectita, Cl - clorita, Mi - mica, Ct - caulinita, Q - quartzo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

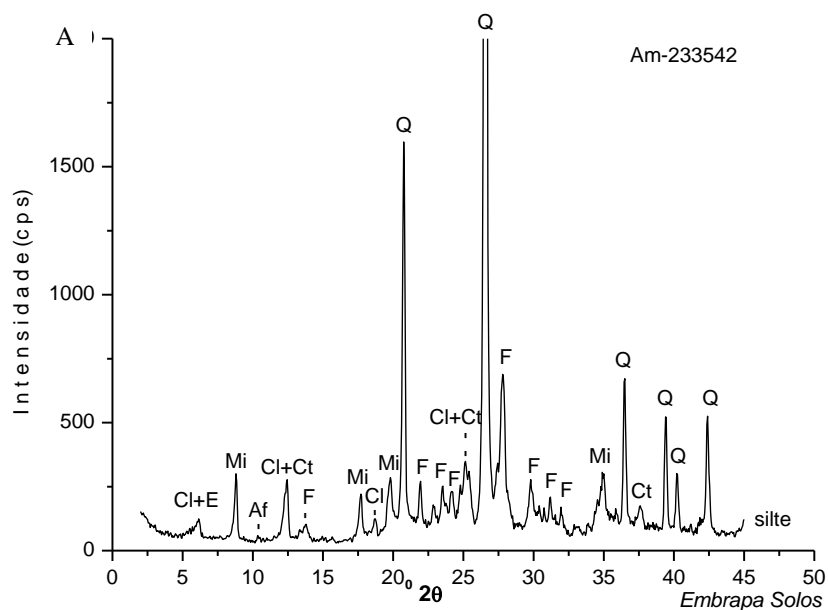
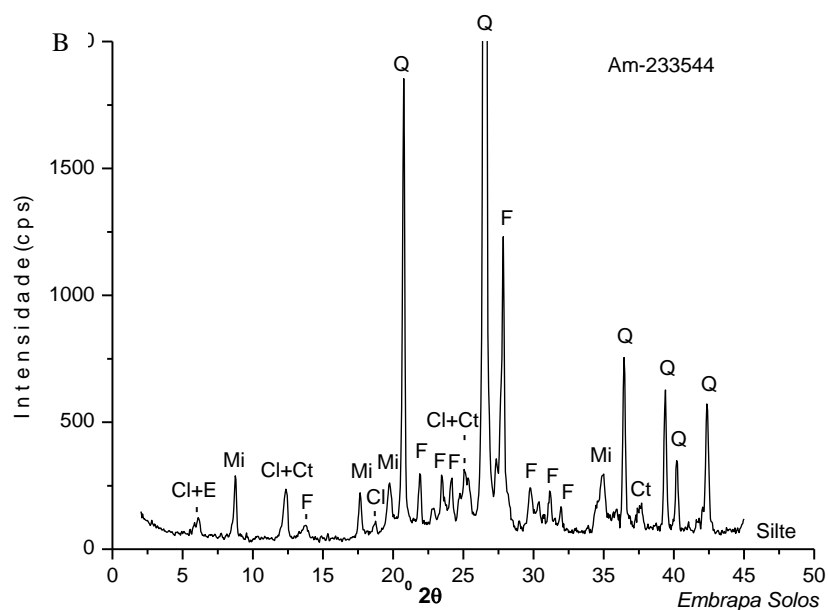


Figura 13.23. Difratoqramas de raios-X (montagem não orientada; radiação CuK α) da fração silte dos horizontes 2Cg2 (A) e 3Cgn2 (B), perfil PA-13 (XV RCC).

Cl - clorita,
 E - esmectita,
 Mi - mica,
 Af - anfíbólio,
 Ct - caulinita,
 F - feldspato,
 Q - quartzo.



Perfil PA-14 – Vertissolo Hidromórfico Órtico solódico, textura argilosa/siltosa, A fraco, endossolódico, eutrófico, Tma, fase campo equatorial hidrófilo de várzea, relevo plano. Horizontes 2Cvg1 e 2Cvg3, amostras 23.3548 e 23.3550.

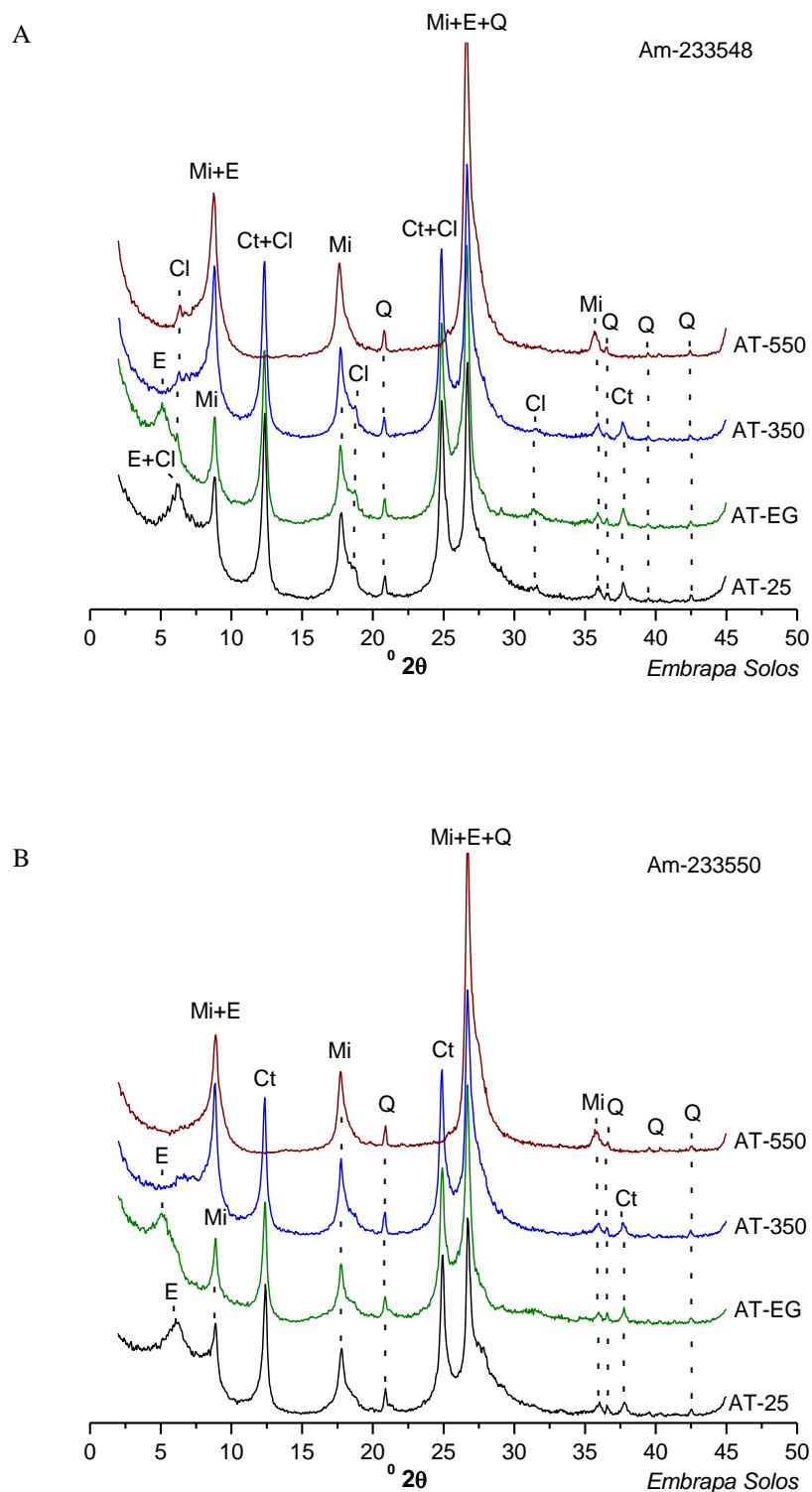


Figura 13.24. Difractogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila dos horizontes 2Cvg1 (A) e 2Cvg3 (B), perfil PA-14 (XV RCC). E - esmectita, Cl - clorita, Mi - mica, Ct - caulinita, Q - quartzo. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.

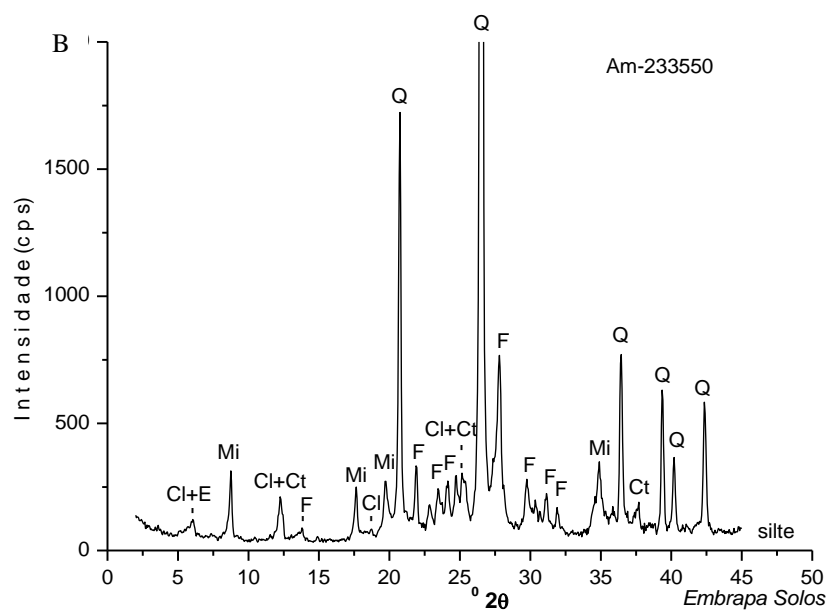
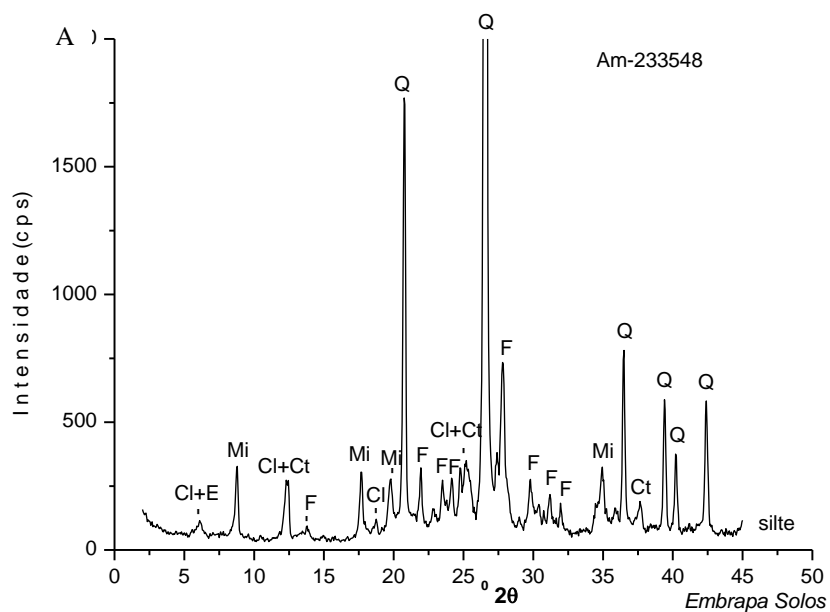


Figura 13.25.
 Difratomogramas de raios-X (montagem não orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração silte dos horizontes 2Cvg1 (A) e 2Cvg3 (B), perfil PA-14 (XV RCC).
 Cl - clorita,
 E - esmectita,
 Mi - mica,
 Ct - caulinita,
 F - feldspato,
 Q - quartzo.

Perfil PA-17 – Organossolo Háplico Hêmico típico, textura argilosa/média/orgânica fibrica, distrófico, epissápico e mesoendofibrico, muito lenhosa, fase campo tropical hidrófilo de várzea, relevo plano. Horizonte Hd3, amostra 23.3572.

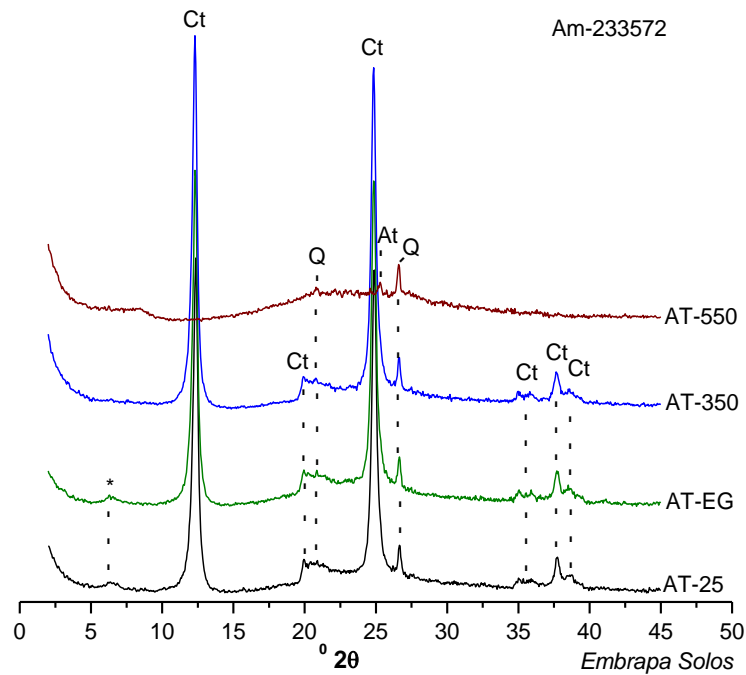


Figura 13.26. Difratoogramas de raios-X (montagem orientada; radiação $\text{CuK}\alpha$) da fração argila do horizonte Hd3, perfil PA-17 (XV RCC). Ct - caulinita, Q - quartzo, At - anatásio. (*) - argilomineral 2:1, pode ser vermiculita. AT - amostra total na temperatura ambiente (25 °C), solvatada com etilenoglicol (EG) e aquecida a 350 °C e 550 °C.