

COMISSÃO II - QUÍMICA E MINERALOGIA DO SOLO

MINERALOGIA DA ARGILA DE LATOSSOLOS ESTIMADA POR ALOCAÇÃO A PARTIR DO TEOR TOTAL DE ÓXIDOS DO ATAQUE SULFÚRICO⁽¹⁾

M. RESENDE⁽²⁾, A.F.C. BAHIA FILHO⁽³⁾ & J.M. BRAGA⁽²⁾

RESUMO

É apresentado um método de alocação que estima a composição mineralógica da argila de latossolos a partir dos teores de óxidos obtidos pelos métodos do ataque sulfúrico e da difração de raios X. Esse método é adequado para latossolos cuja fração argila é constituída predominantemente de caulinita, gibbsita, hematita e goethita.

Termos de indexação: mineralogia, latossolos, oxihidróxidos, ataque sulfúrico.

SUMMARY: CLAY MINERALOGY OF LATOSOLS ESTIMATED BY CHEMICAL ALLOCATION OF TOTAL OXIDES CONTENT BY H₂SO₄ DIGESTION

A method is presented to estimate the oxisol clay mineralogy by using an allocation procedure based on chemical analysis (sulphuric acid digestion) and X-ray diffractometry. This method seems to work fairly well for oxisols with clay fraction formed by kaolinite, gibbsite, hematite and goethite.

Index terms: clay mineralogy, oxisols, oxyhydroxides, sulphuric acid digestion.

INTRODUÇÃO

A mineralogia da fração argila tem sido estudada através de diversas técnicas, entre as quais se incluem a difratometria de raios X, análise termodiferencial, espectroscopia Mössbauer (Nalovic et alii, 1975; Bigham, 1977; Schwertmann & Taylor, 1981), além do método de alocação por análises totais (Jones et alii, 1982) ou de teores de óxidos obtidos pelo ataque sulfúrico (Resende, 1976). A utilização do método de alocação como proposto por Resende (1976) é viável, principalmente para latossolos em que predominam, na fração argila, os minerais caulinita, gibbsita, hematita e goethita (Leal & Veloso, 1973; Santana, 1973; Resende, 1976; Bigham, 1977; Resende, 1980; Kämpf & Schwertmann, 1983; Curi & Franzmeier, 1984). Para sua aplicação, admite-se que: (a) não haja material amorfo no solo (SiO₂ ou Al₂O₃), ou que seja muito baixo; (b) não haja outra argila silicatada, a não ser caulinita, ou se manifeste em quantidade diminuta; (c) todo o SiO₂ removido pertença à caulinita.

Para a alocação do Fe₂O₃ presente, é necessário conhecer a proporção entre hematita e goethita. Tal problema

praticamente inexistente nos solos amarelados, cuja cor é conferida pela goethita. Não é possível, no entanto, em solos avermelhados ou vermelhos atribuir à hematita todo o Fe₂O₃, dado o elevado poder pigmentante desse mineral ferruginoso (Scheffer et alii, 1958; Resende, 1976).

É possível, contudo, com base na difratometria de raios X, avaliar as áreas dos picos de goethita (110) e hematita (104) e, a partir daí, estabelecer a proporção de Fe₂O₃ que deve ser alocada para cada mineral (Jones, 1981).

O objetivo deste trabalho foi complementar a metodologia de Resende (1976) na alocação de Fe₂O₃ para hematita e goethita, utilizando-se a difração de raios X e os teores de óxidos do ataque sulfúrico.

TEORIA

A – Dedução das fórmulas empregadas na alocação de hematita e goethita

Admite-se que haja apenas três formas ferruginosas no solo, hematita (Hm), goethita (Gt) e ilmenita (Il), e que a

(1) Recebido para publicação em abril de 1986 e aprovado em janeiro de 1987.

(2) Professor Titular do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570 Viçosa (MG).

(3) Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA/CNPMS. Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas (MG). Bolsista do CNPq.

ilmenita somente se encontre na fração areia e/ou silte. O anatásio (An) está apenas na fração argila.

Assim:

$$Fe_S = Fe_{II} \cdot II + Fe_{Hm} \cdot Hm + Fe_{Gt} \cdot Gt \quad (1)$$

em que:

Fe_S = teor (%) de Fe_2O_3 no solo obtido pelo ataque sulfúrico;

Fe_{II} = teor fracional (parte por parte) de Fe_2O_3 na ilmenita;

II = teor (%) de ilmenita no solo;

Fe_{Hm} = teor fracional de Fe_2O_3 na hematita;

Hm = teor (%) de hematita no solo;

Fe_{Gt} = teor fracional de Fe_2O_3 na goethita;

Gt = teor (%) de goethita no solo.

Mas:

$$Ti_S - [Ti_{An} \cdot (r/100)] = Ti_{II} \quad (2)$$

em que:

Ti_S = teor (%) de TiO_2 no solo obtido pelo ataque sulfúrico;

Ti_{An} = teor (%) de TiO_2 na fração argila e pertencente ao anatásio, obtido pelo ataque sulfúrico;

r = % de argila.

Ti_{II} = teor fracional de TiO_2 na ilmenita;

Desde que: $Ti_{II} = 1,506 Fe_{II}$,

combinando-se 1 e 2, tem-se:

$$Fe_S - 0,664 Ti_S + (Ti_{An} \cdot r/100) - Fe_{Hm} \cdot Hm - Fe_{Gt} \cdot Gt = 0$$

Chamando de R o termo

$$Fe_S - [0,664 Ti_S + (Ti_{An} \cdot r/100)], \text{ tem-se:} \\ R - Fe_{Hm} \cdot Hm - Fe_{Gt} \cdot Gt = 0. \quad (3)$$

Não se dispondo do ataque sulfúrico da fração argila, pressupõe-se que todo o titânio esteja na ilmenita.

Nesse caso, o termo R transforma-se em

$$R = Fe_S - 0,664 Ti_S$$

Numa mistura de hematita e goethita puras, na proporção 1:1

$$A_{Gt}/A_{Hm} = 0,708 \text{ (Jones, 1981), sendo} \quad (4)$$

A_{Gt} a área do pico da goethita (110), no espaçamento de 4,18Å, e

A_{Hm} a área do pico da hematita (104), no espaçamento de 2,69Å.

Assim:

$$Gt/Hm = A_{Gt}/(A_{Hm} \cdot 0,708) \quad (5)$$

$$Hm = 0,708 A_{Hm} \cdot Gt/A_{Gt} \quad (6)$$

Mas:

$$Gt = R - Fe_{Hm} \cdot Hm/Fe_{Gt}, \text{ pela equação 3.}$$

Substituindo-se em 6, tem-se:

$$Hm = (0,708 A_{Hm}/A_{Gt}) \cdot (R - Fe_{Hm} \cdot Hm/Fe_{Gt})$$

Rearranjando:

$$Hm = [R \cdot 0,708 A_{Hm}/(A_{Gt} \cdot Fe_{Gt})] - (Fe_{Hm}/Fe_{Gt}) \cdot (0,708 A_{Hm} \cdot Hm/A_{Gt})$$

$$Hm + (Fe_{Hm}/Fe_{Gt}) \cdot 0,708 A_{Hm} \cdot Hm/A_{Gt} = R \cdot 0,708 A_{Hm}/(A_{Gt} \cdot Fe_{Gt})$$

$$Hm [1 + (Fe_{Hm}/Fe_{Gt}) \cdot (0,708 A_{Hm}/A_{Gt})] = R \cdot 0,708 A_{Hm}/(A_{Gt} \cdot Fe_{Gt})$$

$$Hm = R \cdot 0,708 A_{Hm}/(A_{Gt} \cdot Fe_{Gt}) / [1 + (A_{Gt}/Fe_{Gt}) \cdot 0,780 A_{Hm}/A_{Gt}]$$

Dividindo por $0,708 A_{Hm}/(A_{Gt} \cdot Fe_{Gt})$, tem-se

$$Hm = R / [(A_{Gt} \cdot Fe_{Gt}/0,708 A_{Hm}) + Fe_{Hm}] \quad (7)$$

Pela equação 3, $R = Fe_{Hm} \cdot Hm + Fe_{Gt} \cdot Gt$

Substituindo-se Hm pela expressão da equação 6, tem-se:

$$R = (Fe_{Hm} \cdot 0,708 A_{Hm}/A_{Gt}) Gt + Fe_{Gt} \cdot Gt$$

$$R = (Fe_{Hm} + 0,708 A_{Hm}/A_{Gt}) \cdot Gt + Fe_{Gt} \cdot Gt$$

$$Gt = R / [0,708 Fe_{Hm} \cdot (A_{Hm}/A_{Gt}) + Fe_{Gt}] \quad (8)$$

Mas,

Fe_{Gt} (%) = $276,6127(1-x)/(3,0782-x)$, sendo x a substituição isomórfica de Fe por Al na goethita, dada em fração molar e

Fe_{Hm} (%) = $276,6100(1-x)/(2,7661-x)$, sendo x a substituição isomórfica de Fe por Al na hematita, dada em fração molar.

B - Dedução das fórmulas empregadas na alocação dos minerais não ferruginosos

Admite-se, em princípio, que haja na fração argila dos latossolos apenas os minerais caulinita (Ka) e gibbsita (Gb).

Assim:

$$Ka = Si_S/(Si_{Ka})$$

$$Ka = Si_S/0,465$$

$$Ka = 2,15 Si_S \quad (9)$$

em que:

$$Ka = \text{caulinita (\%)}$$

Si_S = teor (%) de SiO_2 no solo obtido pelo ataque sulfúrico

Si_{Ka} = teor fracional (parte por parte) de SiO_2 na caulinita (0,465).

O alumínio (Al_2O_3) na caulinita será dado pela expressão $Al_{Ka} \cdot Ka$,

onde

Al_{Ka} = teor fracional de Al_2O_3 na caulinita (0,395)

Portanto o Al_2O_3 alocável à gibbsita (Gb) será:

$$Gb = (Al_S - Al_{Ka} \cdot Ka) / Al_{Gb} \quad (10)$$

onde

Al_S = teor (%) de Al_2O_3 no solo obtido pelo ataque sulfúrico.

Al_{Gb} = teor fracional de Al_2O_3 na gibbsita (0,654).

Assim, combinando-se as equações (9) e (10)

$$Gb = (Al_S - 2,15 Si_S Al_{Ka}) / Al_{Gb}$$

$$Gb = 1,1775 Al_S - Si_S \quad (11)$$

Caso haja a presença de micas (ilitas), determina-se o potássio total e daí o teor de mica (Jackson, 1973); neste caso, nem todo o Si_S será alocado à caulinita, pois:

$$Si_S = Si_{Mi} \cdot Mi + Si_{Ka} \cdot Ka,$$

onde:

Si_{Mi} = teor fracional de SiO_2 na mica (0,510)

Mi = mica (%), onde

$Mi = \% K_2O + K_{Mi}$, sendo

K_{Mi} = teor fracional de K_2O na mica (0,065).

A caulinita e a gibbsita serão:

$$Ka = 2,15(Si_S - Si_{Mi} \cdot Mi)$$

$$Gb = (Al_S - Al_{Ka} Ka - Al_{Mi} \cdot Mi) / Al_{Gb}$$

onde:

Al_{Mi} = teor fracional de Al_2O_3 na mica (0,280),

portanto:

$$Gb = 3,5715 Al_S - 1,4108 Ka - Mi \quad (12)$$

Na realidade, como o Al_2O_3 do ataque sulfúrico, Al_S , inclui também o Al da goethita e hematita, há, pelo menos em alguns casos, necessidade de levar em consideração este fato na alocação.

Caso se conheça o grau de substituição fracional de Al no lugar de Fe na goethita e hematita, calcula-se a porcentagem de Al_2O_3 pelas expressões:

$$\%Al_2O_3 \text{ na Gt} = 176,6148x / (3,0782 - x) \quad (13)$$

$$\%Al_2O_3 \text{ na Hm} = 176,6100x / (2,7661 - x) \quad (14)$$

Portanto, para sistemas que contenham caulinita, gibbsita e goethita:

$$Gt = (Fe_S - Fe_{Hm}) / Fe_{Gt}$$

$$Gt = (Fe_S - 0,6641 Ti_S) / Fe_{Gt}$$

$$Ka = 2,15 Si_S$$

$$Gb = (Al_S - Al_{Ka} Ka - Al_{Gt} Gt) / Al_{Gb} \quad (15)$$

Para sistemas que contenham também a ilita

$$Mi = \%K_2O / K_{Mi}$$

$$Ka = 2,15(Si_S - Si_{Mi} Mi)$$

$$Gb = (Al_S - Al_{Ka} Ka - Al_{Mi} Mi - Al_{Gt} Gt) / Al_{Gb} \quad (16)$$

Considerando-se a substituição isomórfica de Fe por Al na goethita e hematita, inclui-se o Al da hematita nas equações (15) e (16)

$$Gb = (Al_S - Al_{Ka} Ka - Al_{Gt} Gt - Al_{Hm} Hm) / Al_{Gb} \quad (17)$$

e

$$Gb = (Al_S - Al_{Ka} Ka - Al_{Mi} Mi - Al_{Gt} Gt - Al_{Hm} Hm) / Al_{Gb} \quad (18)$$

Quando o valor de gibbsita foi negativo houve um excesso de Al alocado à caulinita. O teor real de caulinita, Ka_r , é menor, e a sílica que resta é alocada à sílica amorfa, cristobalito etc., que se supõe sejam solubilizados pelo ataque sulfúrico, pelo menos em parte.

Assim:

$$Ka_r = [Ka - |Gb| \cdot Al_{Gb} / Al_{Ka}] \quad (19)$$

onde $|Gb|$ significa o valor absoluto (sinal positivo) da gibbsita quando deu negativo, portanto:

$$Ka_r = Ka - 1,6557 |Gb|$$

$$Ka - Ka_r = 1,6557 |Gb|$$

E a sílica restante é obtida por

$$\text{Sílica restante} = 1,6557 |Gb| \cdot Si_{Ka} \quad (20)$$

$$\text{Sílica restante} = 0,7699 |Gb|$$

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de material de solo (horizonte A) utilizadas foram obtidas por Bahia Filho (1982) e provieram de sete latossolos (LE ou LV) e uma Areia Quartzosa (AQ) cuja vegetação engloba desde campo tropical e cerrado a floresta, em relevo plano a suave ondulado (Quadro 1).

Caracterização mineralógica — Aproximadamente 20 g de terra fina seca ao ar (TFSA) foram dispersos pela adição de 100 ml de NaOH 0,1N, seguida de agitação e repouso durante 24 horas. Procedeu-se então à agitação em coqueteleira, durante 15 minutos. A suspensão obtida foi passada em peneira com abertura de malha de 0,053 mm (nº 270), para separar a fração areia (EMBRAPA, 1979). As frações remanescentes (silte e argila) foram colocadas em recipientes, completando-se o volume, para atingir dois litros. A separação das frações argila total ($< 2 \mu m$) e argila fina ($< 0,2 \mu m$) foi efetuada mediante sifonamento. O material coletado foi submetido a diálise, para remoção do excesso de sais e, posteriormente, seco ao ar.

Na fração argila total, procedeu-se à remoção de matéria orgânica e óxido de ferro livre segundo a metodologia descrita por Jackson (1973). Feitos esses tratamentos, a argila foi saturada com cálcio, lavada com etanol e acetona, para remoção de sais, e ressuspensa em água destilada. Determinou-se, nas suspensões obtidas, a concentração de sólidos. Com base nessa informação, prepararam-se novas suspensões com 50 mg de argila/mililitro, 2 ml das quais foram colocados em lâminas de vidro e secos ao ar.

Na fração argila fina ($< 0,2 \mu\text{m}$), efetuou-se a concentração dos óxidos de ferro, mediante a eliminação dos silicatos e da gibbsita por fervura com NaOH 5M, durante 60 minutos (Norrish & Taylor, 1961; Kämpf & Schwertmann, 1982). Lavado o material com HCl 0,5M, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ e água destilada, com posterior centrifugação, realizou-se a secagem, em estufa, a 110°C , durante 12 horas. O material obtido foi moído em almofariz e analisado, na forma de pó, por difração de raios X.

Nos dois casos (amostras orientadas e amostras em pó), a análise foi realizada em difratômetro com radiação de $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$) e filtro de níquel com velocidade de exposição de 1° por minuto.

A composição mineralógica do material do solo e da fração argila foi calculada a partir dos dados analíticos de óxidos totais obtidos pelo ataque sulfúrico (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2) da terra fina seca ao ar (Quadro 2).

Considerou-se ainda que a goethita presente no material estudado continha 30 mol percentagem de substituição de Fe por Al (Resende, 1976), e, a hematita, 5 mol percentagem.

Para determinação da porcentagem de hematita e goethita presentes, aplicaram-se as seguintes relações:

$$\text{Hm} (\%) = R/[A_{\text{Gt}}/A_{\text{Hm}}] \cdot 0,9845 + 0,9675]$$

$$\text{Gt} (\%) = R/[A_{\text{Hm}}/A_{\text{Gt}} \cdot 0,6850 + 0,6970]$$

onde:

Hm (%) = porcentagem de hematita no material de solo;

Gt (%) = porcentagem de goethita no material de solo;

R = teor de Fe_2O_3 que deve ser alocado para hematita e goethita;

A_{Gt} = área do pico da goethita (110), no espaçamento de $4,18 \text{ \AA}$;

A_{Hm} = área do pico da hematita (104), no espaçamento de $2,69 \text{ \AA}$.

A área dos picos foi calculada a partir de mensurações efetuadas com paquímetro nos difratogramas, considerando sua forma triangular (Quadro 3).

A composição mineralógica da fração argila foi obtida com base na relação percentual entre cada componente e a soma dos componentes presentes no material de solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da difração de raios X e da composição mineralógica pelo método de alocação (Figuras 1 e 2 e

Quadro 1. Classificação, identificação e procedência das amostras de material de solo utilizadas⁽¹⁾

Classe de solo	Símbolo	Identificação	Altitude m	Município (MG)
• Areia Quartzosa distrófica A moderado fase cerrado.	AQd	TM-5	590	Campina Verde
• Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura média fase cerrado subperenifólio relevo plano e suave ondulado.	LEd	TM-6	380	Ituiutaba
• Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura média fase cerrado subcaducifólio relevo plano.	LEd	TM-18	480	Campina Verde
• Latossolo Vermelho-Escuro epieutrófico A proeminente textura argilosa fase floresta tropical subcaducifólia relevo plano.	LEd	TM-42	390	Iturama
• Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa fase floresta subperenifólia relevo suave ondulado.	LEd	TM-14	710	Douradoquara
• Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.	LEd	AP-C13	1040	Patos de Minas
• Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico epialico podzólico plúntico A moderado textura muito argilosa fase campo tropical relevo plano (com murundus).	LVa	TM-56	970	Uberaba
• Latossolo Vermelho-Amarelo álico A moderado textura muito argilosa fase cerrado tropical subcaducifólio relevo plano.	LVa	TM-67	900	Uberaba

(1) A classificação e a identificação utilizadas foram as mesmas originalmente empregadas na descrição dos perfis (EMBRAPA, 1982).

Quadros 4 e 5) mostraram que o mineral dominante na fração argila das amostras TM-5, TM-18 e TM-42 era a caulinita e nos materiais TM-14, TM-56, AP-C13 e TM-67, a caulinita e a gibbsita.

A tendência genérica é a ocorrência dos solos cauliniticos nas posições rebaixadas da paisagem, ao passo que os gibbsíticos ocorrem nas partes mais elevadas (Quadro 1).

A variabilidade na mineralogia dos materiais considerados coloca em dúvida a idéia generalizada de que os latossolos são mineralologicamente homogêneos. Dessa forma, para teores de argila bem próximos, podem-se verificar diferenças muito pronunciadas de composição mineralógica, como entre TM-42 e TM-14 e entre TM-56, AP-C13 e TM-67 (Quadros 4 e 5). Na amostra TM-56, a gibbsita é o mineral dominante, contribuindo com 55% da fração argila (Quadro 5). Analisando material semelhante, Suguio et alii (1976) encontraram teores bastante próximos desse valor (51 a 54% de gibbsita). Dentre os minerais ferruginosos, a hematita predominou nas classes de solo AQd, LE_{dm}, LE_{dr} (TM-5, TM-6, TM-18, TM-42 e TM-14) e a goethita nos materiais de coloração mais amarelada (TM-56 e TM-67) e no AP-C13.

Nesse último, embora pertença à classe de solo LE_d, não foi verificada a presença de hematita na fração argila muito fina. Provavelmente, esse mineral ferruginoso se encontra finamente dividido em cristais de tamanho reduzido, não detectáveis pelo raio X. Além da caulinita, hematita, goethita e gibbsita, verificou-se a ocorrência de mineral 2:1 (TM-5 e TM-18), mica (TM-14), diásporo (TM-67, AP-C13 e TM-56) e anatásio (TM-56). Mineral 2:1 em material de solo muito semelhante ao utilizado neste estudo foi também identificado por Santana (1973) como vermiculita. Nesse caso, é possível que esse mineral de argila ocorra com ilhas de polímeros de hidróxido de alumínio (vermiculita aluminizada), o que lhe confere elevada resistência ao intemperismo (Almeida, 1979). Na alocação do Al₂O₃ pelo ataque sulfúrico, pelo menos em um caso de ocorrência de argila 2:1 (TM-5), deve-se considerar que o alumínio restante, após o cálculo da caulinita, não pertence à gibbsita (que não foi verificada no raio X), mas, provavelmente, às referidas ilhas de hidróxido de alumínio.

Uma das pressuposições do método de alocação é que o quartzo não seja atacado pelo H₂SO₄ e toda a sílica per-

Quadro 2. Características físicas e químicas das amostras do material do solo utilizadas⁽¹⁾

Característica	Classe de solo							
	AQd TM-5	LE _d TM-6	LE _d TM-18	LE _d TM-42	LE _d TM-14	LV _a TM-56	LE _d AP-C13	LV _a TM-67
Composição granulométrica (%)								
Areia grossa	15	28	7	28	14	11	2	9
Areia fina	67	54	69	27	32	5	4	6
Silte	10	8	11	18	17	20	25	13
Argila	8	10	13	27	37	64	69	72
Equivalente de umidade (%)								
	8	8	9	17	22	27	33	28
Ataque pelo H ₂ SO ₄ dens. 1,47 (%)								
S	2,6	3,3	4,8	11,1	9,1	6,9	11,9	16,2
Al ₂ O ₃	2,7	3,6	4,5	9,7	14,3	36,3	26,8	33,4
Fe ₂ O ₃	3,7	4,1	8,3	7,2	11,0	12,4	15,0	11,9
TiO ₂	0,63	1,05	1,49	1,43	1,30	1,47	2,58	1,41

(1) Análises realizadas seguindo a metodologia em uso no Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (EMBRAPA, 1979).

Quadro 3. Dimensões, área e relações hematita/goethita (Hm/Gt) e goethita/hematita (Gt/Hm) obtidas dos picos de hematita (104) e goethita (110) nos difratogramas da fração argila, sem silicatos, na montagem em pó

Classe de solo	Identificação	Dimensões dos picos				Áreas dos picos		Relações	
		Largura		Altura		Hm	Gt	Hm/Gt	Gt/Hm
		Hm	Gt	Hm	Gt				
		cm				cm ²			
AQd	TM-5	0,610	0,240	1,185	0,480	0,3614	0,0576	6,27	0,16
LE _d	TM-6	0,590	0,295	1,245	0,410	0,3673	0,0605	6,07	0,16
LE _d	TM-18	0,520	0,315	1,355	0,380	0,3523	0,0599	5,88	0,17
LE _d	TM-42	0,525	0,220	1,315	0,390	0,3452	0,0429	8,05	0,12
LE _d	TM-14	0,470	0,255	1,410	0,640	0,3314	0,0816	4,06	0,25

Quadro 4. Composição mineralógica das amostras dos materiais de solo, calculada a partir dos teores de óxidos obtidos pelo ataque sulfúrico

Classe de solo	Identificação	Composição mineralógica							Total
		Caulinita	Hematita	Goethita	Gibbsita	Ilmenita	Anatásio	SiO ₂ amorfa	
		%							
AQd	TM-5	5,7	2,9	0,6	0,3	0,9	0,2	—	10,6
LEd	TM-6	7,2	2,9	0,7	0,8	1,5	0,3	—	13,4
LEd	TM-18	10,2	6,4	1,5	—	1,9	0,5	0,1	20,6
LEd	TM-42	23,7	5,8	1,0	—	1,7	0,6	0,0	32,8
LEd	TM-14	19,8	8,5	2,9	8,6	1,5	0,5	—	41,8
LVa	TM-56	14,8	—	17,4	41,2	0,5	1,2	—	75,1
LEd	AP-C13	25,6	—	21,5	19,3	—	2,6	—	69,0
LEd	TM-67	34,9	—	16,6	25,1	0,6	1,1	—	78,3

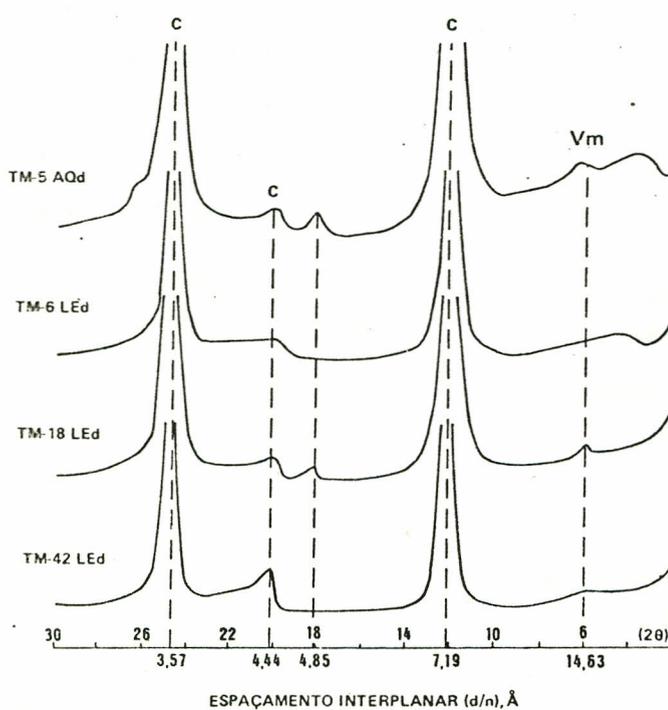


Figura 1. Difratogramas de lâminas da fração argila, em montagem orientada dos materiais de solo TM-5, TM-6, TM-18 e TM-42. C: caulinita, Vm: vermiculita aluminizada.

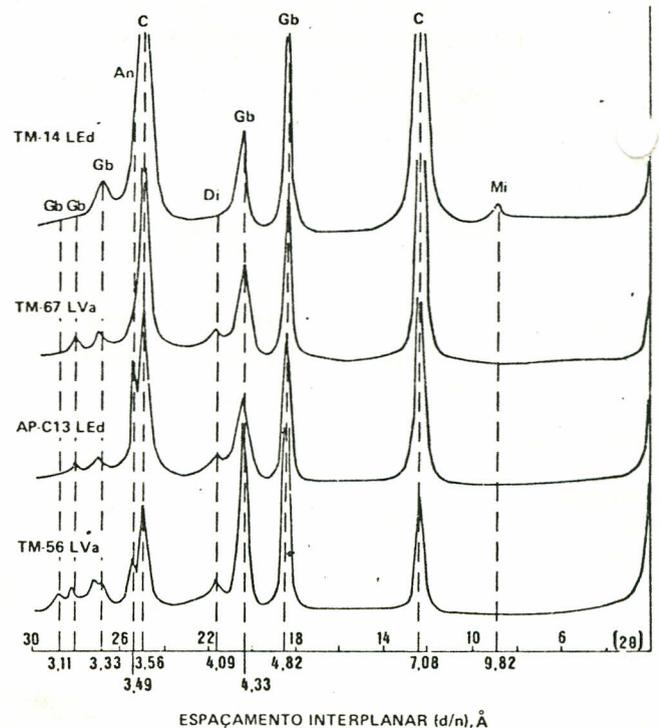


Figura 2. Difratogramas de lâminas da fração argila, em montagem orientada dos materiais de solo TM-14, TM-67, AP-C13 e TM-56. An: anatásio, Di: diásporo, Gb: gibbsita, C: caulinita e Mi: mica.

Quadro 5. Composição mineralógica da fração argila, calculada a partir dos teores de óxido obtidos pelo ataque sulfúrico das amostras de material de solo

Classe de solo	Identificação	Composição mineralógica			
		Caulinita	Hematita	Goethita	Gibbsita
		%			
AQd	TM-5	54	27	6	—
LEd	TM-6	54	22	5	—
LEd	TM-18	49	31	7	—
LEd	TM-42	72	18	3	—
LEd	TM-14	47	20	7	20
LVa	TM-56	20	—	23	55
LEd	AP-C13	37	—	31	28
LVa	TM-67	45	—	21	32

tença à caulinita. A semelhança entre soma de óxidos e conteúdo de argila, principalmente em solos ricos em areia fina, sustentaria essa pressuposição (Resende, 1976). O ajustamento entre os dados do total da composição mineralógica (Y) e o conteúdo de argila (X) constitui evidência de que o ataque sulfúrico atua principalmente sobre a fração argila ($Y = 4,51 + 1,2X$ $R^2 = 0,986^{**}$).

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, J.R. Cronocromossequência de solos originários de rochas pelíticas do grupo Bambuí. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1979. 150p. (Tese de Mestrado)
- BAHIA FILHO, A.F.C. Índices de disponibilidade de fósforo em latossolos do Planalto Central com diferentes características texturais e mineralógicas. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 179p. (Tese de Doutorado)

- BIGHAM, J.M. Iron mineralogy of red-yellow hued ultisols and oxisols as determined by Mössbauer spectroscopy, X-ray diffraction and supplemental laboratory techniques. Raleigh, North Carolina State University, 1977. 165p. (Tese de Mestrado)
- CURI, N. & FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 48:341-346, 1984.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. Métodos 1.8; 1.16.1; 2.23.2; 2.24; 2.25 e 2.26.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1982. 526p. (Boletim de Pesquisa, 1)
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis - Advanced course. Madison, 1973. 895p.
- JONES, R.C. X-ray diffraction line profile analysis, vs, phosphorus sorption by 11 Puerto Rican soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 45:818-825, 1981.
- JONES, R.C.; HUDNALL, W.H. & SAKAY, W.S. Some highly weathered soils of Puerto Rico. 2. Mineralogy. *Geoderma*, Amsterdam, 27:75-137, 1982.
- KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. The 5M-NaOH concentration treatment for iron oxides in soils. *Clays and Clay Minerals*, 30:401-408, 1982.
- KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. Goethite and hematite in a climosequence in Southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. *Geoderma*, Amsterdam, 29:27-39, 1983.
- LEAL, J.R. & VELOSO, A.C.X. Adsorção de fosfato em latossolos sob vegetação de cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 8:81-88, 1973.
- NALOVIC, L.; PEDRO, G. & JANOT, C. Demonstration by Mössbauer spectroscopy of the role played by transitional trace elements in the crystallogenesis of iron hydroxides (III). In: INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE, Wilmette, 1975. Proceedings . . . Wilmette, Applied Publishing, 1975. p.601-610.
- NORRISH, K. & TAYLOR, R.M. The isomorphous replacement of iron by aluminum in soil goethites. *J. Soil Sci.*, London, 12: 294-306, 1961.
- RESENDE, M. Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1976. 237p. (Tese de Doutorado)
- REZENDE, S.B. Geomorphology, mineralogy and genesis of four soils and gneiss in Southeastern Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1980. 143p. (Tese de Doutorado)
- SANTANA, D.P. Estudo de solos do Triângulo Mineiro e de Viçosa: I. Mineralogia; II. Adsorção de fosfatos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1973. 56p. (Tese de Mestrado)
- SCHEFFER, F.; WETLE, E. & LUDWEIG, F. On the question of hydrated iron oxides in soil. *Chem. Erda*, Jena, 18-19:51-64, 1958.
- SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. The significance of oxides for the surface properties of soils and the usefulness of synthetic oxides as models for their study. In: The nature and properties of soil colloid surface. Wageningen, International Society of Soil Science, 1981. p.59-88. (Boletim, 60)
- SUGUIO, K.; BARCELOS, J.K. & MONIZ, A.C. Caracterização sedimentológica e mineralógica de formações superficiais argilo-arenosas peculiares dos planaltos do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., Ouro Preto, 1976. Anais. Ouro Preto, Sociedade Brasileira de Geologia, 1976. v.2, p.241-247.