

# **MINERALOGIA DOS SILICATOS E DOS ÓXIDOS DE FERRO DA FRAÇÃO ARGILA DE SOLOS DESENVOLVIDOS DE ROCHAS BÁSICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO**

## **SILICATE AND IRON OXIDE MINERALOGY OF THE CLAY FRACTION OF SOILS DEVELOPED FROM BASIC ROCKS IN SÃO PAULO STATE**

**Wanderley Antonio Tremocoldi**

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais.  
Instituto Agrônômico de Campinas, SP

### **RESUMO**

Perfis de solos desenvolvidos de rochas básicas foram analisados por difratometria de raios X. Para tanto foi utilizada a fração argila de dois horizontes destes solos após eliminação dos óxidos de ferro livre com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio e da matéria orgânica com água oxigenada. Nesta fração foi determinado, também, por análises químicas, teor de ferro total (ácido sulfúrico), óxidos de ferro livre (CBD), materiais amorfos (oxalato de amônio). Foi constatada a presença de caulinita em todos os solos, gibbsita em quase todos eles menos no Neossolo Litólico e no Chernossolo Argilúvico, sendo que a montmorilonita ocorre somente neste dois. Vermiculita com Al-hidróxi nas entrecamadas também foi constatada menos no Latossolo Vermelho acriférrico concrecionário, Latossolo Vermelho acriférrico e Latossolo Vermelho Amarelo acriférrico. Todos os perfis contêm hematita e goethita, sendo que alguns apresentam ainda a maghemita. O Neossolo Litólico e o Chernossolo Argilúvico apresentam alto teor de ferro amorfo, enquanto os demais só têm ferro cristalino.

**PALAVRAS-CHAVE:** difratometria de raios X, mineralogia de solos, óxidos de ferro

### **INTRODUÇÃO**

Em condições subtropicais e tropicais, o intemperismo de rochas básicas com minerais como olivina, piroxênio e feldspato plagioclásio pode originar solos argilosos com elevado conteúdo em óxidos e hidróxidos de ferro. Estes óxidos e hidróxidos podem ocorrer sob a forma de materiais amorfos até minerais altamente cristalizados e devido a sua abundância e diversidade em grau de cristalinidade apresentam considerável influência nas propriedades físicas e químicas dos solos, sendo inclusive seu teor usado como característica diferencial entre latossolos (POMBO et al., 1982).

Entre os óxidos de ferro dos solos e dos sedimentos hematita e goethita são de longe os mais comuns (FISCHER; SCHWERTMANN, 1975).

Goethita ocorre em quase todos os tipos de solos e regiões climáticas e é responsável pela cor amarelada dos solos. Em muitos solos avermelhados, goethita é associada à hematita que é o segundo óxido de ferro mais abundante nos solos. Hematita colore os solos de vermelho e tem um grande efeito pigmentante mesmo em baixa concentração e este efeito é tanto maior quanto mais finamente estiver dispersa.

Kampf (1981) reportou que altas temperaturas favorecem a formação da hematita, enquanto pH baixo, alta umidade e alto carbono orgânico favorecem a formação da goethita.

Pombo et al (1982) estudaram óxidos de ferro na fração argila da unidade Santo Angelo (Latossolo Roxo) e constataram a presença de hematita e goethita nos horizontes Ap e B22 com predominância da primeira, sendo que ambas apresentam substituições isomórficas de Fe por Al na estrutura. Moller e Klamt (1982) estudando o mesmo solo identificaram na fração argila mica, caulinita, gibbsita e vermiculita cloritizada com material interlamilar aluminoso.

Utilizando dados morfológicos, físicos e químicos dos trabalhos dos levantamentos pedológicos semidetalhados do Estado de São Paulo, Oliveira e Menk (1984) fizeram uma síntese das unidades taxonômicas de um conjunto de Latossolos Roxos até então identificados. Dentro deste mesmo tipo de levantamento, Almeida, Oliveira e Prado (1981) publicaram o mapa de solos da Quadrícula de Brotas e Oliveira e Prado (1984) publicaram o levantamento de solos da Quadrícula de São Carlos.

A proposição deste trabalho foi a de estudar a mineralogia dos silicatos e dos óxidos de ferro e alguns parâmetros químicos da fração argila de alguns solos desenvolvidos de rochas básicas, mapeados e descritos dentro dos levantamentos pedológicos semidetalhados do Estado de São Paulo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O material de estudo compreendeu alguns perfis de solos das unidades de solos publicados em Oliveira e Menk (1984) acrescido de um perfil de Neossolo Litólico e de um Nitossolo Vermelho Eutroférico ambos mapeados na Quadrícula de Brotas e de um Chernossolo Argilúvico, mapeado na Quadrícula de São Carlos, todos provenientes de rochas básicas (diabásio ou basalto).

Classificados de acordo com a EMBRAPA (1999) e em itálico a classificação anterior de Camargo et al., (1987), os perfis de solos escolhidos foram:

P1210 Latossolo Vermelho Eutroférico chernozêmico textura argilosa ou muito argilosa.

*Latossolo Roxo eutrófico chernozêmico textura argilosa.*

P1245 Latossolo Vermelho Distroférico típico A moderado textura argilosa

*Latossolo Roxo distrófico típico A moderado textura argilosa.*

P1297 Nitossolo Vermelho Eutroférico chernozólico A moderado textura muito argilosa

*Terra Roxa estruturada eutrófica A moderado textura muito argilosa.*

P1321 Neossolo Litólico Eutrófico chernozólico textura argilosa substrato basalto.

*Litossolo eutrófico A chernozêmico textura argilosa substrato basalto.*

P1340 Chernossolo Argilúvico Férrico típico textura argilosa

*Brunizem Avermelhado textura argilosa.*

P1346 Latossolo Vermelho Acriférico típico A moderado textura argilosa concrecionária

*Latossolo Roxo ácrico concrecionário A moderado textura argilosa*

P1348 Latossolo Vermelho Acriférico típico A moderado textura argilosa

*Latossolo Roxo ácrico A moderado textura argilosa.*

P1350 Latossolo Vermelho-Amarelo Acriférico típico A moderado textura argilosa

*Latossolo Roxo ácrico distrófico A moderado textura argilosa. Latossolo Variação Una.*

Em cada perfil foram selecionados 2 horizontes: 1 superficial, A1 e outro em profundidade, Bw2 ou Bt2. Amostras foram retiradas do Banco de Perfis de Solos do Centro de Solos e levadas para o laboratório para análises mineralógicas e químicas.

A obtenção da fração argila foi por dispersão com NaOH e sedimentação. Nesta fração foram feitos ataques químicos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (CBD) para eliminação dos óxidos de ferro livre, após eliminação da matéria orgânica com água oxigenada. Tomou-se uma alíquota para saturação com potássio e posterior aquecimento a 350° e 550°C, assim como outra alíquota para saturação com magnésio e posterior solvatação com etileno-glicol. Estas amostras foram passadas em lâminas de vidro com a técnica de orientação preferencial quando ainda estavam sob a forma de pasta, sendo que depois de secas foram irradiadas com raios X num difratômetro Philips usando-se tubo de cobre (JACKSON, 1969).

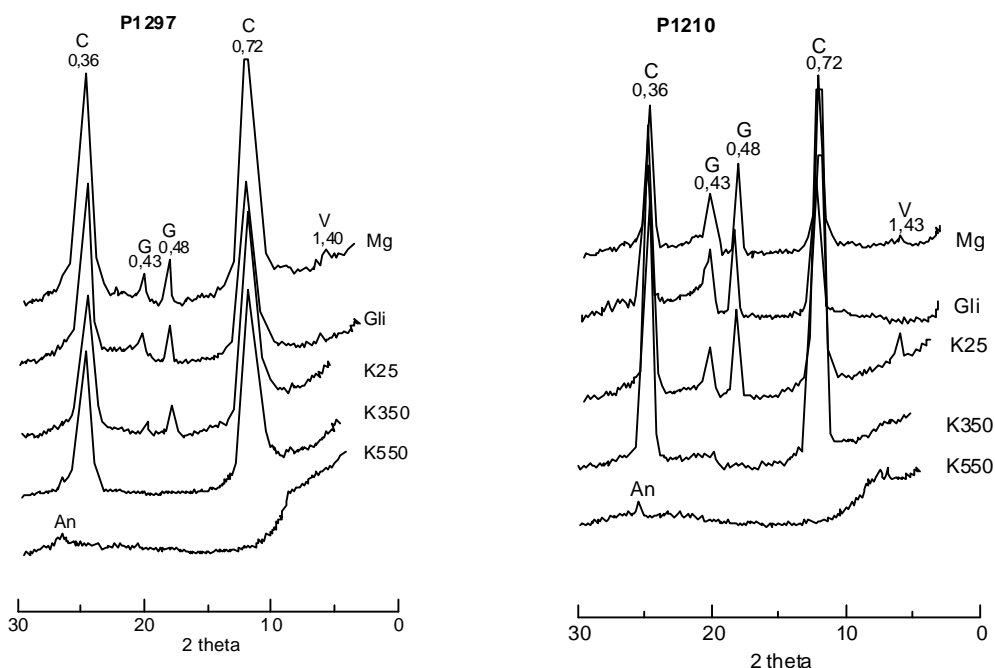
Óxidos de ferro foram concentrados por NaOH 5M na fração argila com aquecimento por 1 hora. O resíduo foi irradiado com raios X usando-se tubo de cobalto em amostras não orientadas sob a forma de pó (KAMPF; SCHWERTMANN, 1982).

Foram feitos ataques químicos com ditionito-citrato-bicarbonato (CBD) com oxalato de amônio e com ácido sulfúrico em subamostras com determinações do Fe, Al e Mn nos extratos obtidos (CAMARGO et al., 1986).

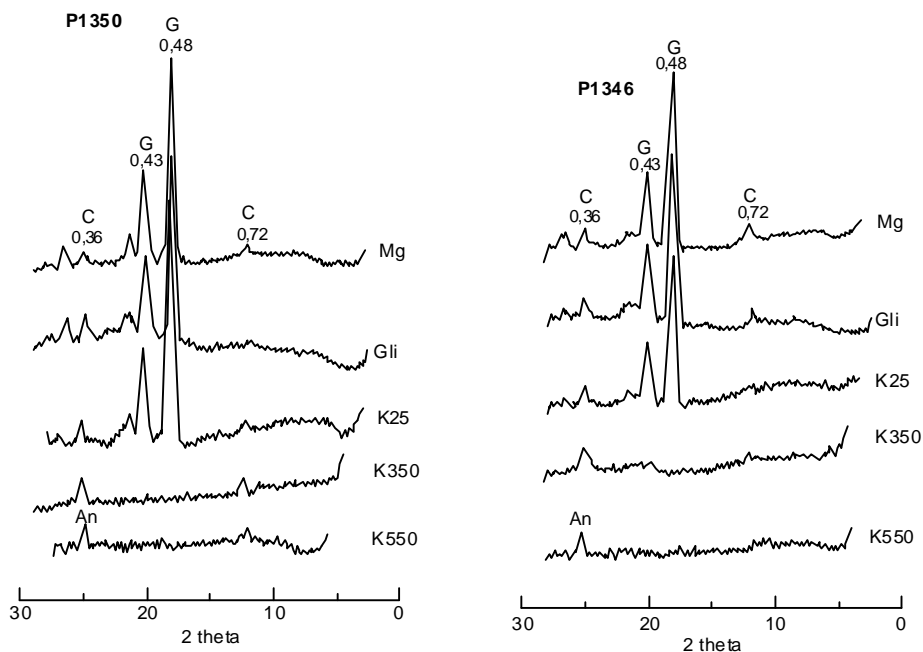
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os perfis apresentam caulinita com picos a 0,72 e 0,35nm, que desaparecem no tratamento com potássio aquecido a 550°C, como o componente principal da mineralogia da fração argila. Este predomínio da caulinita é mais expressivo no Nitossolo Vermelho (P1297) assim como no Latossolo Vermelho eutroférico (P1210), onde aparecem com picos bem pronunciados indicando grandes quantidades de caulinita e ainda minerais bem cristalizados ( Figura 1). Por outro lado, os perfis do Latossolo Vermelho acriférico (P1346) e do Latossolo Vermelho Amarelo acriférico (P1350) são os que apresentam os menores picos da caulinita (Figura 2).

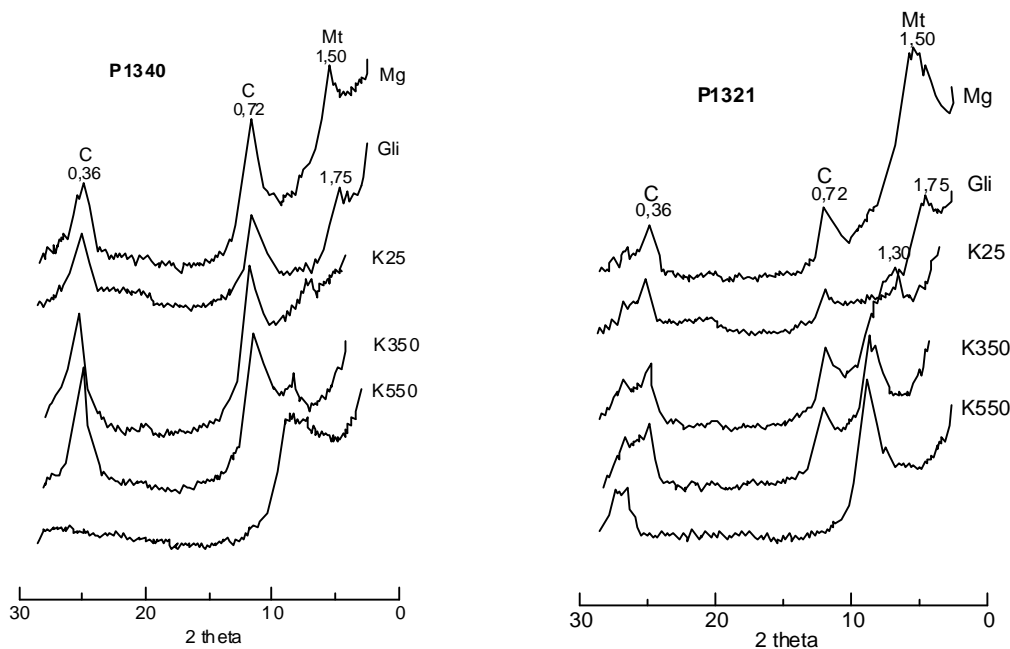
Gibbsita é o outro mineral com picos a 0,48 e 0,43nm que desaparece nas amostras aquecidas a 350°C, e que ocorre em quase todos os perfis, menos no Neossolo Litólico (P1321) e no Chernossolo Argilúvico (P1340) que não tem este mineral em sua constituição, podendo isto indicar que o estágio de intemperismo desses perfis é menor que os outros. (Figura 3). Nos perfis em que ocorre a gibbsita, os picos maiores são dos perfis Latossolo Vermelho acriférico concrecionário (P1346), Latossolo Vermelho acriférico típico (P1348) e Latossolo Vermelho Amarelo acriférico (P1350), justamente os que apresentam pequenos picos da caulinita, o que parece indicar que a gibbsita é proveniente diretamente da intemperização da caulinita (JACKSON, 1969; JACKSON; SHERMAN, 1953).



**Figura 1** - Difrátogramas de raios X da fração argila desferrificada dos perfis P1297 e P1210, saturadas com magnésio (Mg); com magnésio + etileno glicol (Gli); saturada com potássio (K25); com potássio aquecida a 350°C (K350); com potássio e aquecida a 550°C (K550). Minerais: C= caulinita, G= gibbsita, Mt= montmorilonita, V= vermiculita com hidróxi-Al nas entrecamadas (VHE), An= Anatásio. Espaçamento interplanar em nanômetros



**Figura 2** - Difratomogramas de raios X da fração argila desferrificada dos perfis P1350 e P1346, saturadas com magnésio (Mg); com magnésio + etileno glicol (Gli); saturada com potássio (K25); com potássio aquecida a 350°C (K350); com potássio e aquecida a 550°C (K550). Minerais: C= caulinita, G= gibbsita, V= vermiculita com hidróxi-Al nas entrecamadas (VHE), An= Anatásio. Espaçamento interplanar em nanômetros



**Figura 3** - Difratomogramas de raios X da fração argila desferrificada dos perfis P1340 e P1321, saturadas com magnésio (Mg); com magnésio + etileno glicol (Gli); saturada com potássio (K25); com potássio aquecida a 350°C (K350); com potássio e aquecida a 550°C (K550). Minerais: C= caulinita, G= gibbsita, Mt= montmorilonita, V= vermiculita com hidróxi-Al nas entrecamadas (VHE), An= Anatásio. Espaçamento interplanar em nanômetros

Montmorilonita ocorre somente no Neossolo Litólico (P1321) e no Chernossolo Argilúvico (P1340), (Figura 3), uma vez que em solos tropicais muito intemperizados como os Latossolos, este mineral dificilmente é encontrado, principalmente porque as condições não favorecem sua estabilidade (Kittrick,1969). Em geral, estes minerais são encontrados em solos pouco evoluídos em que prevalecem altas relações Si/Al e altas concentrações de bases (Wollast,1967). Este mineral aparece no tratamento com  $Mg^{2+}$  com pico a cerca de 1,4-1,5nm que se desloca para 1,7-1,8nm quando solvatado com etileno glicol, enquanto que no tratamento com  $K^+$  há um deslocamento para cerca de 1,2nm, sendo que no aquecimento a 550° o pico desloca-se para 1,0nm. Este tipo de mineral é indicador de que o estágio de intemperismo destes solos são intermediários, mostrando que eles têm ainda uma tendência de evoluírem para estádios mais avançados (CHESWORTH, 1977; DEMATTÊ et al. 1991).

Os perfis do Latossolo Vermelho acriférrico concrecionário (P1346), o Latossolo Vermelho acriférrico (P1348) e o Latossolo Vermelho Amarelo acriférrico (P1350) não apresentam minerais do tipo interestratificado, sendo que os demais apresentam. Estes minerais são provavelmente do tipo vermiculita com Al-hidróxi nas entrecamadas ou VHE, minerais comuns em solos intemperizados devido a sua estabilidade estrutural (Bertolani et al., 2000). Eles apresentam espaçamento de 1,4nm quando saturados com magnésio e solvatados com etileno glicol, porém quando saturados com potássio e aquecidos a 350 e 550°C ocorre uma redução gradual do espaçamento até alcançar aproximadamente 1,0nm. A redução gradual do espaçamento basal deve-se a presença de hidroxila interlamelar que está comumente ligada ao alumínio embora outros cátions possam estar presentes.

Os perfis P1210, P1245, P1346, P1348 e o P1350 apresentam ainda o dióxido de titânio, anatásio ( $TiO_2$ ) que aparece a 0,35nm somente após o colapso da caulinita quando do aquecimento a 550°C.

Na mineralogia dos óxidos de ferro todos os perfis contêm hematita e goethita que são os óxidos mais comuns nos solos tropicais. Os perfis P1346 e P1350 apresentam os maiores picos de goethita enquanto o P1348 apresenta o maior pico de hematita (difratogramas não mostrados).

Além disso, perfis como P1210, P1245, P1346, P1348 e P1350 apresentam maghemita, um mineral que aparece em alguns solos de rochas básicas devido ao grande aporte de ferro que existe nesses solos (SCHWERTMANN; TAYLOR, 1989).

Nessa fração aparece ainda em todos os perfis o anatásio, um dióxido de titânio altamente resistente ao intemperismo.

**Quadro 1** - Teor de goethita e hematita da fração argila

PERFIL	Goethita	Hematita	Côr
	-----g.kg <sup>-1</sup> -----		
P1210 A1	1,1	19,3	2,5 YR
Bw2	1,8	18,7	1 YR
P1245 A1	2,9	8,9	2,5 YR
Bw2	3,0	10,0	2,5 YR
P1297 A1	1,5	18,2	2,5 YR
Bt2	6,9	12,0	2,5 YR
P1321 A1	3,0	8,2	2,5 YR
P1340 A1	4,0	8,7	4 YR
Bt2	4,6	9,6	3,5 YR
P1346 A1	15,0	5,5	4 YR
Bw2	16,0	5,3	5 YR
P1348 A1	2,4	22,7	2,5 YR
Bw2	2,4	22,7	2,5 YR
P1350 A1	11,1	10,4	5 YR
Bw2	12,6	9,7	4 YR

Quadro 1 mostra o teor em porcentagem de hematita e goethita da fração argila dos solos obtida por intermédio do cálculo das intensidades dos picos de raios X da goethita (Gt110) e hematita (Hm012), obtendo-se a relação Gt/Gt + Hm e relacionando-as com o teor de óxido de ferro obtido pelo DCB (KAMPF; SCHWERTMANN,1998).

Os teores de goethita variam de 1,1 a 16%, sendo que os maiores teores são dos perfis P1346 e P1350, evidenciando então as cores mais amareladas destes perfis (5YR e 4YR).

Por outro lado a hematita varia de 5,3 a 22,7%, e as cores ficam entre 1 YR e 2,5 YR. Tendo-se sempre em mente que a hematita é que dá a cor avermelhada, mas que nos solos ocorre uma mistura dos dois principais óxidos de ferro, que vai depender ainda do grau de cristalinidade, tamanho dos minerais, etc., pode-se perceber que o P1340, por exemplo, que embora não tenha um teor muito alto de goethita, suas cores têm uma tendência para o vermelho - amarelo (4YR e 3,5 YR).

**Quadro 2** - Determinação de Ferro, Alumínio e Manganês por intermédio de ataques químicos feitos com ácido sulfúrico, citrato - bicarbonato - ditionito de sódio (CBD) e oxalato de amônio.

PERFIL	Ácido Sulfúrico			CBD			Oxalato			FeO/Fed	Ki
	Fe	Al	Mn	Fe	Al	Mn	Fe	Al	Mn		
----- g kg <sup>-1</sup> -----											
P. 1210 A1	117,3	68,3	0,3	141,8	5,0	0,3	2,4	1,4	0	0,016	1,43
Bw2	122,0	78,1	0,3	141,8	4,6	0,3	1,6	1,3	0	0,011	1,38
P. 1245 A1	112,6	65,1	0,3	96,3	6,4	0,3	3,1	2,4	0	0,032	1,87
Bw2	134,4	71,6	0,3	96,3	6,8	0,4	2,6	2,2	0	0,023	1,69
P1297 A1	119,6	58,6	0,5	136,8	6,4	0,7	3,5	1,5	0,2	0,025	2,30
Bt2	122,0	68,3	0,5	126,6	6,8	0,7	2,9	1,3	0,1	0,022	1,90
P1321 A1	98,5	42,3	0,8	76,0	4,6	0,8	6,2	1,9	0,4	0,081	3,90
P1340 A1	105,6	48,8	0,5	86,1	5,5	0,6	8,4	1,9	0,3	0,097	3,13
Bt2	115,0	48,8	0,5	96,3	5,9	0,6	9,5	1,7	0,2	0,098	3,50
P 1346 A1	133,7	81,4	0,2	131,7	16,4	0,2	3,3	2,8	0	0,025	0,50
Bw2	145,5	71,8	0,2	136,8	15,9	0,2	2,7	3,1	0	0,019	0,40
P 1348 A1	143,1	74,9	0,4	167,1	6,8	0,4	5,3	1,8	0	0,031	1,22
Bw2	150,1	78,1	0,4	167,1	8,2	0,5	3,1	1,9	0	0,018	1,01
P 1350 A1	138,5	81,4	0,2	141,8	12,3	0,2	2,9	2,5	0	0,020	0,23
Bw2	138,5	87,9	0,2	146,9	10,9	0,2	2,0	2,6	0	0,013	0,21

Quadro 2 mostra o resultado das análises químicas feitas com ditionito - citrato - bicarbonato de sódio (CBD), ácido sulfúrico e oxalato de amônio em amostras da fração argila com determinações de Fe, Al e Mn.

Os perfis P1321 (Neossolo Litólico) e P1340 (Chernossolo Argilúvico) apresentam no ataque sulfúrico e no com o ditionito, menor quantidade de ferro, enquanto pelo oxalato, eles apresentam o maior valor, isto provavelmente é devido ao fato de apresentarem um Ki maior que 3 e terem uma relação  $Fe_o/Fe_d > 0,05$  mostrando que estes solos contêm uma grande proporção de ferro amorfo. Os demais perfis apresentam valores bem menores de Ki, e uma relação  $Fe_o/Fe_d < 0,05$  evidenciando predominância de ferro cristalino, o que está de acordo com Pombo et al. (1982). Por outro lado, o perfil P1348 apresenta os maiores valores de Fe pelo ácido sulfúrico e pelo ditionito embora não tenha o Ki menor de todos eles.

Quanto ao alumínio, os perfis P1321 e P1340 apresentam o mesmo comportamento do ferro extraído pelo ácido sulfúrico. Os perfis P1346 (Latosolo Vermelho concrecionário) e P1350 (Latosolo Vermelho-Amarelo) com Ki menor que 0,5 apresentam maior quantidade de Al extraído pelo ácido sulfúrico e pelo ditionito.

Quanto ao manganês extraído pelo ácido sulfúrico e pelo ditionito, as menores quantidades são ainda expressas pelos perfis com menores Ki, ou seja P1346 e P1350.

## CONCLUSÕES

Dos principais minerais que ocorrem na fração argila dos solos estudados, caulinita é comum a todos, enquanto a gibbsita ocorre em quase todos menos no Neossolo Litólico (P1321) e no Chernossolo Argilúvico (P1340). Montmorilonita ocorre somente neste dois perfis sendo que nos demais não ocorre. Minerais interestratificados tipo VHE não ocorrem nos perfis Latossolo Vermelho acriférrico concrecionário (P1346), Latossolo Vermelho acriférrico (P1348) e Latossolo Vermelho Amarelo acriférrico (P1350), enquanto nos demais ocorrem.

Quanto aos óxidos de ferro todos os perfis contêm hematita e goethita em diferentes proporções, sendo que a maghemita ocorre também em alguns deles. Teor maior de goethita evidencia cores mais amareladas de alguns perfis, não ocorrendo este efeito no P1340 (Chernossolo Argilúvico).

Análises químicas mostraram que o Neossolo Litólico (P1321) e o Chernossolo Argilúvico (P1340) apresentam alto teor de ferro amorfo, enquanto os demais só têm ferro cristalino.

## ABSTRACT

Soil profiles developed from basic rocks were analysed by X-rays diffractometry. For that the clay fraction of two horizons of these soils were used after the removal of iron oxide with citrate-bicarbonate- dithionite (CBD) and organic matter with hydrogen peroxide. Total iron (sulphuric acid), free iron oxide (CBD) and amorphous material (ammonium oxalate) were also determined in this fraction. Kaolinite was verified in all soils, gibbsite is present in almost all of them, but it did not occur in the Typic Haplumol and in the Typic Argiudoll. Montmorillonite also occurs in only these two soils. Al-interlayer vermiculite was observed in several soils but it was not found in the Petroplinthic Acrorthox, Typic Acrorthox and in the Typic Haplortox. All the soil profiles have hematite and goethite as iron oxides, and some also have maghemite. The Typic Haplumol and the Typic Argiudoll showed high amounts of amorphous iron, and the others have only cristaline forms of iron.

KEY-WORDS: X-rays diffractometry, soil mineralogy, iron oxide

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. L. F. de; OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. *Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Brotas: I. Mapa de Solos*. Instituto Agrônômico. 1981.

BERTOLANI, F. C. et al. *Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Folha de Marília. Memorial Descritivo. Série Pesquisa APTA*. Campinas, Instituto Agrônômico Boletim Científico 01. 142 p. 2000.

CAMARGO, M. N.; KLANT, E.; KAUFMANN, J. H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência de Solos*. Campinas. v. 12, n. 1. p 11-13. 1987.

CAMARGO, O. A. de et al. *Métodos de análises química mineralogia e física de solos*. Instituto Agrônômico. Boletim Técnico 106. 1986. 94 p.

CHESSWORTH, W. Weathering stages of the common igneous rocks, index minerals and mineral assemblages at the surface of the earth. *J. Soil Sci*, London. 28, 1977. p. 490-497.

DEMATTÊ, J. L. I. et al. Estimativa da evolução do intemperismo mediante ganho e perdas de íons numa seqüência de solos desenvolvidos de diabásio e influenciados pela drenagem em Piracicaba, SP. *R. Bras. Ci. Solo*. Campinas, 15, p. 69-73, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa. Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 412 p. 1999.

FISCHER, W. R.; SCHWERTMANN, U. *The formation of hematite from amorphous iron (III) hydroxide*. *Clays and Clay minerals*. 23. p 33-37. 1975

JACKSON, M. L. *Soil Chemical Analysis: Advanced Course*, 2. ed., Madison, Univ. of Wisconsin. 1969. 835 p.

JACKSON, M. L.; SHERMAN, G. D. Chemical weathering of minerals in soil. *Adv. Agron.* v. 5, p. 219-318, 1953.

KAMPF, N. Die Eisenoxidmineralogie einer Klimasequenz von Boden aus Eruptiva in Rio Grande do Sul, Brasilien. 1981. 217 f. Tese (Doutorado) - Freising-Weihenstepfan, Technische Universität München, República Federal da Alemanha.

KAMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Quantitative determination of goethite and hematite in kaolinitic soils by X ray diffraction. *Clay Minerals*. v. 17, p. 313-327, 1982.

KAMPF, N. ; SCHWERTMANN, U. Avaliação da estimativa de substituição de Fe por Al em hematita de solo. *R. Bras. Ci. Solo*. v. 22, n. 2, p. 209 - 213, 1998.

KITTRICK, J.A. Soil minerals in the  $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$  system and theory of their formation. *Clays Clay Miner.* v. 17, p. 157-167, 1969.

MOLLER, M. R. F. ; KLAMT, E. Identificação e gênese de argilominerais em Latossolo Roxo. *R. Bra. Ci. Solo*. v. 7, n. 1, p. 33-38, 1982.

OLIVEIRA, J. B. ; MENK, J. R. F. Latossolos Roxo do Estado de São Paulo - Boletim Informativo n. 82. IAC (SP). 132 p. 1984.

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo II: Memorial Descritivo. Instituto Agrônomo. Campinas, SP. 1984. (Boletim Técnico, 98).

POMBO, L. C. A. et al. Identificação de óxidos de ferro na fração argila de Latossolo Roxo. *R. Bra. Ci. Solo*. v. 6, n. 1, p. 12-18, 1982.

SCHWERTMANN, V.; TAYLOR, R.M. Iron Oxides. in: DIXON, J. B. ; WEED S. B. eds. Minerals in soil environments. Madison, *Soil Sci. Soc. Am.*, p. 379-438, 1989.

WOLLAST, R. Kinetics of alteration of K-feldspar in buffered solution at low temperature. *Geochim. Cosmochim. Acta*, n. 31, p. 635-649, 1967.