

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ALGUNS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

I — ELEMENTOS K, Na, Ca e Mg (*)

F. DA COSTA VERDADE

Engenheiro-agrônomo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agrônomo

RESUMO

O estudo dos elementos K, Na, Ca e Mg nas formas totais e trocáveis foi conduzido em solos derivados das rochas mais comumente encontradas no Estado de São Paulo.

Os solos do Estado em geral são desprovidos de bases, como conseqüência de forte meteorismo atuando durante muito tempo. O potássio apresenta teor mais elevado quando a rocha se encontra a pequena profundidade, as suas porcentagens mais comuns variando entre 0 e 1% de K_2O .

O sódio é muito removido e, com uma única exceção, não ultrapassa 0,1% em Na_2O . Para os elementos cálcio e magnésio não existe dependência de rocha superficial, como no caso do potássio, e seus teores variam em geral entre 0,2 a 0,8% para o CaO e 0,22 a 1,80% para o MgO.

A comparação dos teores totais com os de grandes grupos citados na bibliografia indica semelhança com os latossolos e o vermelho-amarelo podzólico, que são encontrados neste Estado.

O teor potencial (teor total menos o teor trocável) segue, em linhas gerais, o total, havendo solos com pequeno ou nenhum teor potencial. O estudo do potencial entre as diversas camadas do perfil não mostra nenhuma diferença entre elas.

A relação entre o potencial e o trocável nos elementos K, Na e Ca aumenta em profundidade, em virtude da presença de maior quantidade de trocável na superfície, mas existem muitas exceções. No caso do Mg encontrou-se um aumento da relação.

A relação potencial/trocável permite prever quais as rochas que darão solos com teor potencial apreciável. Verifica-se que os solos derivados de tilitos, arenito Glacial, arenito de Bauru Inferior (Caiuá) e diabase parecem não conter potencial em K; para o cálcio estariam nessas condições o anfíbolito, algumas vezes a diabase e o arenito de Bauru. No caso do Mg, todos os solos parecem contê-lo numa forma não trocável. O elemento sódio parece não existir em quantidades apreciáveis, na forma potencial.

A relação do teor potencial ou teor trocável entre bases indica que há uma relação mais estreita K/Na no potencial que na forma trocável. A relação Ca/Mg é muito estreita no potencial e larga no trocável. A relação Ca/K segue as anteriores.

Os solos apresentam-se bastante depauperados em bases mas o fenômeno de sua remoção do perfil não é estudado neste trabalho. Outros autores, estudando a decomposição de diabase, mostram que as perdas elevadas se processam na meteorização da rocha e o resíduo é pobre, onde pouca lixiviação pode se processar.

(*) Trabalho apresentado ao VII Congresso Brasileiro de Ciência de Solo, realizado em Piracicaba, S. Paulo, de 20 a 30 de julho de 1959.

Recebido para publicação em 24 de novembro de 1959.

1 — INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo, em sua maior parte, é formado por um platô, inclinado para o noroeste e dissecado por numerosos rios. Diversos ciclos de erosão atuaram sobre a região, cada um produzindo aplainamento distinto (13). Segundo King (13), a paisagem evoluiu e evolui pela regressão de escarpas e pedimentação, sendo o ciclo de denudação das Velhas (pos-Terciário) muito limitado, restrito à orla marítima e ao Vale do Paraíba. Isto confere ao material formador do solo uma idade antiga, estando submetido à meteorização desde longa data. O clima atual, tropical a semi-tropical, propicia uma meteorização intensa, trabalhando materiais já decompostos em outras épocas e, talvez, em outros climas.

Dois fatores se aliam para uma meteorização profunda: clima e idade. Com exceção de pequenos afloramentos rochosos em outras formações, a exposição de rochas consolidadas ocorre no pré-Cambriano e no Corumbataí. É de se esperar, portanto, que poucos minerais primários ainda existam nesses solos e o conteúdo em bases seja pequeno.

Catani e Küpper (7), estudando os elementos cálcio, magnésio e potássio pela extração do "trocável" e com tratamento de HCl 5 N em banho-maria, concluíram que o primeiro elemento se apresentava numa única forma, a "trocável". O magnésio e o potássio, além da "trocável", estavam numa forma mais fixa, sendo retirado pelo tratamento com o HCl a quente.

As formas de ocorrência de potássio foram particularmente estudadas por Catani (5), concluindo que os solos desenvolvidos no arenito de Bauru apresentam minerais primários do tipo ortoclásio enquanto que os Massapê-Salmourão (gnaisse e granitos) apresentam a muscovita.

Em trabalho anterior (20) verificou-se que as bases trocáveis apresentavam os mesmos teores independentemente da concentração do extrator HNO_3 (desde 0,005 até 2 N) e equivalente aos teores determinados pela extração com acetato de amônio, 1 N, pH 7,0. A propriedade de "troca" de cátions é, portanto, bastante característica nestes solos e as formas não trocáveis são resistentes à sua remoção, o que elimina formas mais ou menos de transição entre o trocável e não trocável. Convém frisar que "fixação" de potássio

não foi encontrada nestas terras (5), eliminando a possibilidade de uma forma variável dentro do solo.

No presente trabalho estudou-se o comportamento de tôdas as bases principais segundo o material original, a sua distribuição no perfil e as relações entre as diversas bases.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos de determinação de pH, Ca^{++} , Mn^{++} , PO_4^{---} solúvel numa mistura de ácido oxálico e oxalato de potássio, são os citados por Paiva e outros (15); de Mg^{++} , por Küpper (14); de H^+ e Al^{+++} , por Verdade (19), onde se encontram indicadas as relações S, T e V; K^+ e Na^+ foram determinadas segundo Catani e Paiva (8) e o PO_4^{---} solúvel em H_2SO_4 0,05 N, como é indicado por Catani e outros (6).

Os métodos para análise do total consistem na fusão do material solo com carbonato de sódio e dosagem dos seguintes óxidos: SiO_2 , R_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Al_2O_3 (por diferença dos sesquióxidos), CaO e MgO . Em outra amostra tratada com o ácido fluorídrico, determina-se o K_2O , Na_2O , MnO e P_2O_5 . Inclui-se também a análise da água higroscópica e água de constituição (1).

Em linhas gerais, a fusão é conduzida sobre 1 g de terra que passa na peneira de 100 malhas, e, após uma hora de forno mufla dissolve-se o resíduo em HCl. Separam-se a sílica e os óxidos (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , ZrO_2 , Cr_2O_3 e V_2O_5) e no filtrado dosa-se o CaO , pelo método do oxalato. No filtrado da precipitação do cálcio, determina-se o magnésio pelo método da 8-hidroxiquinolina.

As dosagens de Na_2O e K_2O são feitas na solução obtida pela fluorização (HF e H_2SO_4) de 1 g de solo que passa na peneira de 100 malhas. As determinações das bases alcalinas são feitas no espectrofotômetro de chama.

Os resultados analíticos das amostras empregadas no presente trabalho encontram-se nos quadros 1 e 2.

Os solos correspondem às principais formações geológicas do Estado, dando-se ênfase ao tipo de rocha donde provieram. As características dos fatores de formação desses solos acham-se descritas abaixo. Os números dos perfis representam os do arquivo da

(1) Os métodos indicados acham-se em vias de publicação pela Seção de Agrogeologia.

Seção e as letras minúsculas, as camadas do perfil. Os solos foram escolhidos pelo tipo de vegetação que os cobre, tendo-se preferido usar solos com matas. A presença de outra vegetação indica que para aquêlo tipo de rocha não se possuía perfil em local florestado. Os dados climatológicos e a classificação climática foram colhidos no trabalho de Setzer (17).

P 272 — camadas, **a**, **b**, **c**, respectivamente, 0-20, 20-45 e 45-150 cm de profundidade. O perfil foi colhido no município de São João da Boa Vista, tendo vegetação de capoeira e situado próximo à parte mais alta de morro. O material original é de gnaiss-granito e a topografia é acidentada. O clima tem precipitação média anual de 1 300 a 1 500 mm e média anual de temperatura entre 20 a 21° C, classificado segundo Koeppen como **Cwa**, quente com inverno sêco.

P 322 — camadas **a**, **b**, **c**, respectivamente, 0-45, 45-90 e 90-150 cm de profundidade. Colhido no município de Campinas, nos contrafortes da Serra de Cabras, a uma altitude de 840 m. A vegetação atual é de pasto, tendo a mata sido derrubada há 10 anos. Material original de granito, contendo a camada c rocha decomposta com a sua estrutura, seixos angulosos de quartzo, biotita e ortose caolinizada. O clima apresenta precipitação média anual de 1 300 a 1 500 mm e a temperatura média anual entre 19 a 20° C; classificado segundo Koeppen como **Cfa**, quente com inverno menos sêco.

P 524 — camadas **a**, **b**, **c**, respectivamente, 0-30, 30-70 e 70-150 cm de profundidade. O perfil foi retirado na Estação Experimental de Monte Alegre (município de Amparo), a meia encosta dum morro e com altitude de 804 m. O material original é de anfibolito (formação pré-Cambriana) tendo-se encontrado seus seixos na camada **b**. A vegetação é constituída de cafézal (*Coffea arabica* L.) abandonado, com muito capim favorito (*Rhynchelytrum roseum* (Nees) Stapf. et Hubb.). O clima apresenta as médias anuais de precipitação entre 1 300 a 1 500 mm e a temperatura 19 a 20° C, **Cfa**, quente com inverno menos sêco (Koeppen).

P 712 — camadas **b**, **e**, **f**, respectivamente, 8-15 (horizonte A₃), 70-130 (B₂₂) e 130-180 (C₁) cm de profundidade. Localizado a 3 km da estrada Guaratinguetá—Cunha (município de Guaratinguetá) na altitude de 620 m. Perfil colhido a meia encosta de morro, em topografia montanhosa. O material original é derivado de mica-xisto (formação pré-Cambriana), sendo o C₁ formado de mica-xisto bem decomposto. Vegetação de pasto com capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.). O clima apresenta as médias anuais de precipitação entre 1 300 a 1 500 mm e de temperatura 19-20° C; classificado segundo Koeppen, **Cwa**, quente com inverno sêco.

P 197 — camadas **a**, **b**, **c**, respectivamente, 0-30, 30-60 e 60-120 cm de profundidade. Localizado no município de Itararé em platô com uma altitude de 1 060 m. A vegetação é de pinheiros e o material original provém do arenito das Furnas (formação Devoniana). O clima tem as médias anuais de precipitação de 1 100 a 1 300 mm, de temperatura de 18 a 19° C, e segundo Koeppen, classificado como **Cfb**, temperado com inverno menos sêco.

P 188 — camadas **a**, **b**, **c**, respectivamente, 0,35, 35-70 e 70-150 cm de profundidade. Localizado a 20,3 km de Pilar para São Miguel Arcanjo (município de São Miguel Arcanjo) em alto de platô, com altitude de 780 m. O material original é de arenito do Glacial, talvez com alguma contribuição de argilito, em mata primária mediana. Clima com médias de precipitação 1 300 a 1 500 mm e 18-19° C a temperatura, o qual, segundo classificação de Koeppen, é quente com inverno menos sêco, **Cfa**.

P 190 — camadas **a**, **b**, **c**, respectivamente, 0-30, 30-80 e 80-150 cm de profundidade. Localizado a 15,3 km de Gramadinho para Capão Bonito (município de São Miguel Arcanjo), na altitude de 630 m, e em vegetação de pasto sujo. Topografia leve-

mente ondulada, tendo o perfil sido retirado próximo à baixada, mas em condições de boa drenagem. Solo aparentemente formado por tilitos. Clima semelhante ao do perfil 188.

P 600 — camadas **a, b, c**, respectivamente, 0-40, 40-80, 80-150 cm de profundidade. Localizado na Estação Experimental Central de Santa Elisa (município de Campinas) em altitude de 624 m. O perfil foi coletado em alto de colina, sendo o relêvo da região ondulada. A vegetação rasteira é secundária (pasto sujo) e o material original provém de arenito Glacial (sedimentos consolidados). O clima apresenta as médias anuais de precipitação de 1 433 mm e 20° C de temperatura, pertencendo ao **Cwa**, da classificação de Koeppen.

Tradagens (T) 2383 e 2385 — camadas de perfil correspondendo às profundidades de 0-10 (horizonte A₁) e 25-55 cm (B₂) de profundidade. Localizado a 5 km de Rio Claro para São Carlos, município de Rio Claro) em região ondulada, sendo o perfil bem drenado. O material é derivado de folhelho argiloso do Corumbataí, cujos restos são ainda encontrados no B₂ (separados da amostra). O clima se apresenta com precipitação média anual de 1 100 a 1 300 mm e temperatura média anual de 20-21° C, pertencendo ao tipo climático de Koeppen, **Cwa**, quente com inverno seco.

P 284 — camadas **a, c, d**, respectivamente, 0-40, 80-140, 140-200 cm de profundidade. Localizado a 6 km de Santa Maria para Torrinhã (município de São Pedro), em região plana com altitude de 545 m. A vegetação primária de capoeirão já foi provavelmente explorada em madeiras de lei. O material original é do arenito de Pirambóia. O clima se apresenta com médias anuais de precipitação 1 100-1 300 mm e 20-21° C, pertencendo ao tipo climático, **Cwa**, de Koeppen, quente com inverno seco.

P 288 — camadas **a, b, c**, respectivamente, 0-30, 30-110 e 110-150 cm de profundidade. Localizado a 6,4 km de Novo Horizonte a Itajobi (município de Novo Horizonte), em região levemente ondulada, cujo perfil está situado em alto de colina, na altitude de 475 m. A vegetação é de restos de mata primária e o material original é o arenito Bauru Inferior. O clima tem médias anuais de precipitação de 1 100 a 1 300 mm e temperatura de 21 a 22° C, pertencendo ao tipo climático de Koeppen **Cwa**, quente de inverno seco.

Tradagens (T) 2386, 2388 e 2389, respectivamente, 0-25 (A₁), 40-90 (B₂) e 90-130 (C₁) cm de profundidade. Coletadas ao lado da Estação Experimental de Ribeirão Preto (município de Ribeirão Preto) em região pouco ondulada e de altitude ao redor de 630 m. Originam-se de diabase. O clima apresenta-se com médias anuais de precipitação entre 1 300 a 1 500 mm e de temperatura entre 21-22° C, correspondendo ao tipo climático de Koeppen **Cwa**, quente com inverno seco.

P 685 — camadas **b, d, e**, respectivamente, 15-35 (A₂), 55-130 (B₂₂), 130-180 (B₃) cm de profundidade. Localizado a 10 km de Igarçu a São Manoel (município de Igarçu), em altitude estimada em 600 m e relêvo ondulado de platô. A vegetação é de mata, cortada há um ano. Desenvolveu-se de diabase ou basaltito. O clima se apresenta com médias anuais de precipitação de 1 100 a 1 300 mm e entre 20-21° C a temperatura, dando o tipo climático de Koeppen **Cwa**, quente com inverno seco.

P 734 — camadas **a, b, c, d, e, f**, respectivamente, 0-15, 15-30, 30-45, 45-70, 70-100, 100-150 cm de profundidade. Localizado entre Sertãozinho e Ribeirão Preto, em região levemente ondulada e na altitude estimada em 620 m. A vegetação é de mata primária. O material original provém de diabase. O clima é semelhante ao da T 2383.

P 497 — camadas **a, b, c**, respectivamente, 0-5, 60-80 e 120-140 cm de profundidade. Localizada na Estação Experimental de Jahú (município de Jahú) numa altitude estimada em 600 m. O relêvo é ondulado sendo o perfil colhido em alto de pequena colina onde existe velho cafézal (*Coffea arabica* L.). O material original provém da mistura de diabase com arenito de Botucatu. O clima é semelhante ao do P 685.

P 547 — camadas **a, b, c**, respectivamente, 0-40, 40-80, 80-150 cm de profundidade. Localizado na Estação Experimental de Pindorama (município de Pindorama), em relêvo ondulado, tendo o perfil sido retirado em meia encosta na altitude de 558 m. A vegetação é de mata primária e o solo é derivado de arenito de Bauru.

O clima apresenta as médias anuais de precipitação entre 1 300 a 1 500 mm e de temperatura entre 22 a 23° C, o que corresponde ao tipo climático de Koeppen **Aw**, tropical com inverno sêco.

P 749 — camadas **a, b, c, d, e, f**, respectivamente, 0,15, 15-30, 30-45, 45-70, 70-100, 100-150 cm de profundidade. Localizado próximo à Estação Experimental de Pindorama (município de Pindorama). A vegetação é de velho cafézal tendo as demais características semelhantes às do P 547.

P 329 — camadas **a, b, c**, respectivamente, 0-30, 30-90 e 90-150 cm de profundidade. Localizado próximo ao Campo de Pesquisas de Água Preta (município de Pindamonhangaba), em relêvo pouco ondulado, sendo o perfil bem drenado e de origem sedimentar Terciária. Altitude de 570 m. A vegetação é de pasto com capim gorda (*Melinis minutiflora* Beauv.) e marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.). O clima se apresenta com médias anuais de 1 100 a 1 300 mm de precipitação e 20-21° C de temperatura, pertencendo ao tipo climático de Koeppen **Cwa**, quente com inverno sêco.

P 725 — camadas **b, e, h**, respectivamente, 6-12 (A₁₂), 50-84 (B₂) e 126-150 (C₂) cm de profundidade. O perfil corresponde à série monotípica Pinda, do levantamento detalhado do Vale do Paraíba. Localiza-se na Estação Experimental de Produção Animal, junto à via Dutra (município de Pindamonhangaba). Altitude 600 m. A vegetação de mata primária, explorada em madeiras de lei. O material original provém de sedimentos argilo-arenosos da formação Terciária. O clima é semelhante ao do P 329.

P 345 — camadas **a, b, c**, respectivamente, 0-30, 30-80 e 80-150 cm de profundidade. O perfil localiza-se na Fazenda Mombaça (município de Pindamonhangaba). Perfil de várzea do rio Paraíba (aluvião) em condições de drenagem imperfeita a má. Altitude 533 m. Topografia plana de várzea. O solo vem sendo cultivado com arroz (*Oryza sativa* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) há dezenas de anos, onde se praticam a drenagem e a irrigação. As condições climáticas reinantes na região correspondem às do P 329.

3 — RESULTADOS ANALITICOS

Diversas observações podem ser deduzidas das análises dos teores totais e trocáveis, apresentadas no quadro 1.

3. 1 — TEOR TOTAL DOS SOLOS

O teor total apresenta-se bastante variável, de acôrdo com o tipo de rocha e do grau de meteorização.

Analisando a situação do elemento potássio, em K₂O, poderemos colocar os teores totais em três grupos: a) com quantidades menores que 0,54%; b) entre 0,50 e 1,00%; e c) maiores que 1%. Essas quantidades correspondem, respectivamente, em e.mg por 100 g de solo, a 10,6, entre 10,6 e 21,2, e maior que 21,2. Pertencem ao primeiro grupo os solos derivados de rochas granito-gnaisses de profunda meteorização, arenito das Furnas, arenito Glacial, Tilito, arenito Pirambóia, arenito Bauru, diabase, com ou sem mistura com o arenito de Botucatu, e sedimentos do Terciário. Os solos com teores entre 0,5 e 1% têm origem de micaxisto (cujo material está decomposto na última camada do perfil) e uma aluvião argilosa. Enquadram-se no terceiro grupo os solos provenientes de granito (com rocha a 1 m

QUADRO 1. — Teores de bases alcalinas e alcalinos-terrosas, nos solos originados das rochas predominantes no Estado de São Paulo

| Perfil e camadas | Em porcentagem sôbre terra fina sêca ao ar | | | | | | | |
|------------------|--|-------------------|------|------|------------------|-------------------|-------|--------|
| | Teores totais | | | | Formas traçáveis | | | |
| | K ₂ O | Na ₂ O | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | CaO | MgO |
| 188 a | 0,18 | 0,06 | 0,22 | 0,30 | 0,001 | 0,0025 | 0,010 | 0,004 |
| 188 b | 0,18 | 0,07 | 0,24 | 0,25 | 0,0005 | 0,0019 | 0,009 | 0,004 |
| 188 c | 0,20 | 0,05 | 0,22 | 0,30 | 0,0005 | 0,0009 | 0,016 | 0,002 |
| 190 a | 0,05 | 0,04 | 0,30 | 0,36 | 0,004 | 0,0012 | 0,008 | 0,003 |
| 190 b | 0,04 | 0,05 | 0,35 | 0,83 | 0,001 | 0,0012 | 0,004 | 0,0002 |
| 190 c | 0,04 | 0,06 | 0,30 | 0,36 | 0,004 | 0,0009 | 0,004 | 0,001 |
| 197 a | 0,27 | 0,10 | 0,30 | 0,37 | 0,013 | 0,0022 | 0,010 | 0,004 |
| 197 b | 0,32 | 0,04 | 0,35 | 0,43 | 0,005 | 0,0012 | 0,004 | 0,0002 |
| 197 c | 0,60 | 0,05 | 0,33 | 0,60 | 0,004 | 0,0012 | 0,005 | 0,0002 |
| 272 a | 0,31 | 0,11 | 0,26 | 0,35 | 0,012 | 0,0009 | 0,113 | 0,054 |
| 272 b | 0,16 | 0,02 | 0,31 | 0,44 | 0,003 | 0,0006 | 0,010 | 0,014 |
| 272 c | 0,30 | 0,03 | 0,32 | 0,46 | 0,002 | 0,0006 | 0,006 | 0,007 |
| 284 a | 0,34 | 0,06 | 0,28 | 0,22 | 0,009 | 0,0050 | 0,038 | 0,009 |
| 284 c | 0,26 | 0,06 | 0,28 | 0,23 | 0,003 | 0,0050 | 0,020 | 0,008 |
| 284 d | 0,46 | 0,07 | 0,23 | 0,23 | 0,004 | 0,0043 | 0,019 | 0,008 |
| 288 a | 0,05 | 0,02 | 0,37 | 0,32 | 0,008 | 0,0012 | 0,024 | 0,013 |
| 288 b | 0,10 | 0,04 | 0,27 | 0,26 | 0,005 | 0,0012 | 0,040 | 0,012 |
| 288 c | 0,06 | 0,02 | 0,37 | 0,36 | 0,003 | 0,0012 | 0,028 | 0,010 |
| 322 a | 1,10 | 0,12 | 0,40 | 0,30 | 0,006 | 0,0017 | 0,038 | 0,007 |
| 322 b | 0,88 | 0,06 | 0,21 | 0,37 | 0,004 | 0,0017 | 0,029 | 0,009 |
| 322 c | 1,00 | 0,09 | 0,36 | 0,40 | 0,003 | 0,0006 | 0,022 | 0,009 |
| 329 a | 0,26 | 0,03 | 0,25 | 0,30 | 0,004 | 0,0009 | 0,027 | 0,014 |
| 329 b | 0,23 | 0,04 | 0,27 | 0,34 | 0,002 | 0,0006 | 0,015 | 0,012 |
| 329 c | 0,22 | 0,03 | 0,26 | 0,34 | 0,002 | 0,0009 | 0,004 | 0,0002 |
| 345 a | 0,52 | 0,06 | 0,25 | 0,50 | 0,010 | 0,0037 | 0,029 | 0,015 |
| 345 b | 0,63 | 0,05 | 0,27 | 0,58 | 0,007 | 0,0025 | 0,014 | 0,012 |
| 345 c | 0,49 | 0,06 | 0,26 | 0,56 | 0,010 | 0,0022 | 0,010 | 0,011 |
| 497 a | 0,05 | 0,04 | 0,30 | 0,30 | 0,005 | 0,0031 | 0,038 | 0,003 |
| 497 b | 0,03 | 0,05 | 0,39 | 0,36 | 0,001 | 0,0031 | 0,057 | 0,003 |
| 497 c | 0,04 | 0,04 | 0,30 | 0,35 | 0,001 | 0,0031 | 0,029 | 0,003 |
| 524 a | 1,68 | 0,09 | 0,42 | 0,80 | 0,015 | 0,0016 | 0,340 | 0,021 |
| 524 b | 1,81 | 0,12 | 0,45 | 0,85 | 0,009 | 0,0016 | 0,168 | 0,017 |
| 524 c | 1,36 | 0,07 | 0,30 | 0,80 | 0,011 | 0,0012 | 0,135 | 0,023 |
| 547 a | 0,38 | 0,06 | 0,31 | 0,32 | 0,008 | 0,0009 | 0,155 | 0,028 |
| 547 b | 0,36 | 0,06 | 0,25 | 0,40 | 0,014 | 0,0009 | 0,070 | 0,018 |
| 547 c | 0,26 | 0,08 | 0,20 | 0,32 | 0,014 | 0,0009 | 0,067 | 0,015 |
| 600 a | 0,05 | 0,06 | 0,20 | 0,25 | 0,005 | 0,0028 | 0,004 | 0,007 |
| 600 b | 0,06 | 0,05 | 0,20 | 0,30 | 0,002 | 0,0025 | 0,002 | 0,004 |
| 600 c | 0,05 | 0,05 | 0,20 | 0,25 | 0,002 | 0,0025 | 0,004 | 0,004 |
| 685 b | 0,11 | 0,06 | 0,20 | 0,60 | 0,009 | 0,0031 | 0,305 | 0,042 |
| 685 d | 0,08 | 0,05 | 0,38 | 0,54 | 0,002 | 0,0022 | 0,014 | 0,019 |
| 685 e | 0,10 | 0,06 | 0,20 | 0,30 | 0,002 | 0,0019 | 0,018 | 0,027 |
| 712 b | 0,99 | 0,08 | 0,25 | 0,30 | 0,004 | 0,0031 | 0,027 | 0,015 |
| 712 e | 0,90 | 0,08 | 0,23 | 0,33 | 0,002 | 0,0031 | 0,006 | 0,003 |
| 712 f | 0,20 | 0,06 | 0,20 | 0,30 | 0,002 | 0,0031 | 0,006 | 0,008 |
| 725 b | 0,18 | 0,04 | 0,42 | 0,35 | 0,003 | 0,0037 | 0,076 | 0,028 |
| 725 e | 0,20 | 0,04 | 0,40 | 0,32 | 0,001 | 0,0040 | 0,034 | 0,002 |
| 725 h | 0,88 | 0,08 | 0,26 | 0,30 | 0,001 | 0,0037 | 0,007 | 0,0002 |
| 734 a | 0,05 | 0,04 | 1,30 | 1,00 | 0,021 | 0,0031 | 0,372 | 0,056 |
| 734 b | 0,04 | 0,04 | 1,30 | 0,90 | 0,014 | 0,0031 | 0,229 | 0,025 |
| 734 c | 0,04 | 0,03 | 1,40 | 1,00 | 0,014 | 0,0031 | 0,147 | 0,034 |
| 734 d | 0,05 | 0,04 | 1,40 | 1,00 | 0,019 | 0,0037 | 0,066 | 0,043 |
| 734 e | 0,06 | 0,03 | 1,50 | 1,00 | 0,045 | 0,0037 | 0,008 | 0,019 |
| 734 f | 0,05 | 0,03 | 1,50 | 0,90 | 0,017 | 0,0031 | 0,009 | 0,009 |
| 749 a | 0,07 | 0,05 | 0,25 | 0,30 | 0,007 | 0,0037 | 0,040 | 0,009 |
| 749 b | 0,07 | 0,05 | 0,20 | 0,25 | 0,006 | 0,0031 | 0,041 | 0,008 |
| 749 c | 0,07 | 0,05 | 0,18 | 0,25 | 0,009 | 0,0031 | 0,047 | 0,009 |
| 749 d | 0,09 | 0,04 | 0,18 | 0,25 | 0,009 | 0,0031 | 0,067 | 0,009 |
| 749 e | 0,09 | 0,04 | 0,18 | 0,25 | 0,005 | 0,0050 | 0,072 | 0,012 |
| 749 f | 0,07 | 0,04 | 0,15 | 0,25 | 0,007 | 0,0031 | 0,020 | 0,009 |
| T 2383 | 1,99 | 0,15 | 0,70 | 1,10 | 0,014 | 0,0053 | 0,395 | 0,068 |
| T 2385 | 2,73 | 0,12 | 0,50 | 1,80 | 0,024 | 0,0062 | 0,203 | 0,074 |
| T 2386 | 0,08 | 0,05 | 0,99 | 0,36 | 0,031 | 0,0043 | 0,518 | 0,052 |
| T 2388 | 0,05 | 0,05 | 0,50 | 0,33 | 0,012 | 0,0043 | 0,276 | 0,034 |
| T 2389 | 0,04 | 0,05 | 0,48 | 0,49 | 0,016 | 0,0037 | 0,164 | 0,040 |

de profundidade), anfibolito (com a mesma característica do granito) e o folhelho do Corumbataí, também com restos de rocha na segunda camada.

As quantidades de sódio em todos os perfis analisados são menores que 0,1% em Na₂O (3,2 e.mg/100 g de terra), fazendo exceção o derivado do folhelho de Corumbataí, em que é pouco mais elevada. Em geral o sódio é lavado do perfil de uma maneira intensa, deixando um pequeno resíduo, independente do tipo de rocha ou espessura do regolito.

O elemento Ca foi grupado em três categorias, segundo o teor em CaO menor que 0,28%, entre 0,28 e 0,84%, e maior que 0,84% (respectivamente menor que 10, entre 10 e 30 e maior que 30 e.mg/100 g de terra). Micaxisto, arenito glacial, arenito Bauru, e baixada argilosa produzem solos do primeiro grupo. A grande maioria dos solos está no segundo grupo, compreendendo as rochas gnaisse-granito, granito, anfibolito, arenito das Furnas, tilitos, folhelho do Corumbataí, arenito de Pirambóia, arenito Bauru Inferior, diabase e sedimento argiloso do Terciário. No último grupo estão os solos de diabase. É estranho que o arenito Bauru dê solo com quantidade baixa de cálcio total, quando representa um dos solos com bom teor desse elemento na forma trocável. No caso do cálcio não se nota a dependência da presença da rocha na superfície para maior conteúdo de cálcio, como foi verificado para o elemento potássio.

O teor do magnésio, dividido em três grupos, menor que 0,2% de MgO, entre 0,2% e 0,6% (10 a 30 e.mg/100 g de terra) e maior que 0,6%, mostra que os solos estão no segundo grupo, exceto para os derivados de anfibolito, diabase e folhelho do Corumbataí. Não se nota, também, influência da proximidade da rocha na maior quantidade de magnésio total.

Verifica-se que o elemento sódio é o mais lavado, visto todos os solos possuírem baixos teores. Seguem o potássio, cálcio e magnésio. No caso das diabases, o potássio é tão lavado quanto o sódio. Em alguns solos parece existir uma mesma intensidade de lixiviação do potássio e cálcio.

3. 2 — COMPARAÇÃO COM SOLOS DE OUTRAS ZONAS

No estudo comparativo com os solos de outras regiões seria necessário que mantivéssemos constantes todos os fatores de formação, exceto o clima, utilizando os critérios de Jenny (12). Como a

bibliografia de que dispúnhamos não era suficiente para seguirmos rigidamente a segregação do fator climático, foi colecionada uma série de dados (quadro 2) que permitem fazer idéia do fenômeno de lixiviação das bases em São Paulo. Nos exemplos citados o solo "Chestnut" colunar alcalino e a laterita correspondem aos solos intrazonais, enquanto os demais correspondem a solos zonais.

QUADRO 2. — Bases totais de alguns grandes grupos de solos

| Grande grupo de solo | Profundidade da camada | Porcentagem sôbre terra fina | | | | Autores |
|----------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------|--------|--------|----------------------|
| | | K ₂ O | Na ₂ O | CaO | MgO | |
| | <i>cm</i> | | | | | |
| Solo desértico | 0-2,5 | 2,61 | 2,59 | 3,02 | 1,41 | Brown e Byers |
| | 2,5-20,0 | 2,33 | 2,39 | 3,24 | 1,09 | |
| | 20,0-50,0 | 2,22 | 2,90 | 3,98 | 1,12 | |
| Chestnut colunar alcalino | 1,0-4,0 | 2,166 | 1,449 | 1,134 | 1,040 | Vilensky |
| | 5,0-8,0 | 2,611 | 1,115 | 0,939 | 1,253 | |
| | 20,0-25,0 | 2,650 | 1,027 | 1,116 | 2,492 | |
| Chernozem | 0-20,5 | 1,80 | 1,14 | 1,61 | 0,92 | Byers e outros |
| | 42,5-82,5 | 1,42 | 0,84 | 13,42 | 2,00 | |
| | 82,5-150 | 1,62 | 0,89 | 10,52 | 2,37 | |
| Prairie | 0-7,5 | 1,53 | 0,74 | 0,99 | 0,60 | Byers e outros |
| | 55,0-107,5 | 1,45 | 0,68 | 0,62 | 0,81 | |
| | 175-210 | 1,52 | 0,77 | 2,81 | 0,99 | |
| Podzol | 2,5-12,5 | 0,48 | 2,00 | 2,08 | 0,46 | Brown e Byers |
| | 37,5-60,0 | 1,00 | 2,32 | 2,93 | 1,11 | |
| | + 80,0 | 0,80 | 2,57 | 3,54 | 1,39 | |
| Crasnozem | 0-20,0 | 0,51 | 0,32 | 0,80 | 1,87 | Gorbounov |
| | 35-40 | 0,15 | 0,11 | 0,63 | 2,00 | |
| | 150-200 | | | 0,72 | 2,30 | |
| Vermelho amarelo podzólico | 0-15 | 0,51 | 0,04 | 0,32 | 0,36 | Brown e Byers |
| | 80-150 | 0,43 | 0,00 | 0,26 | 0,28 | |
| | 150-210 | 0,34 | 0,01 | 0,07 | traços | |
| Latossolo (*) | 0-25 | 0,14 | 0,23 | 0,25 | 0,50 | Byers e outros |
| | 62,5-100 | 0,20 | 0,00 | 0,19 | 0,15 | |
| | 230-260 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,49 | |
| Latossolo (*) | 5-17,5 | 0,40 | 0,73 | 0,88 | 0,82 | Hough e Byers |
| | 70-125 | 0,09 | 0,55 | 0,46 | 0,84 | |
| Latossolo (*) | 0-20 | não indicado | | 0,00 | 0,00 | Hardy e Follet-Smith |
| | 35-75 | não indicado | | 0,00 | 0,30 | |
| | 365-380 | não indicado | | 0,10 | 0,20 | |
| Laterita ferruginosa | 0-30 | traços | 0,03 | 0,41 | 0,27 | Anderson e Byers |
| | 100-150 | 0,04 | traços | 0,02 | 0,27 | |
| | 250-360 | 0,12 | 0,15 | traços | 0,53 | |

(*) Sem indicações, mas provavelmente pertençam à subordem latossolo.

No quadro 2 encontramos a composição em bases de certos grandes grupos de solos, cuja ordem foi distribuída das zonas frias e áridas (solo desértico) para as zonas frias e úmidas (podzol) e das zonas frias e úmidas para as quentes e úmidas (latossolo indicado por Hardy e Follet-Smith). Como último membro da seqüência foi incluída uma laterita, correspondendo a um t ermo final da seqüencia de temperatura. As camadas foram escolhidas entre as indicadas na bibliografia, procurando-se comparar os horizontes mais t picos. O solo des ertico, citado por Brown e Byers (2), desenvolve-se em granito; a rocha mater do "Chestnut" colunar alcalino, apresentado por Vilensky (21), não era identificada; Byers e outros (4) indicam que o chernozem pertence ao tipo de solo Barnes "loam", e originou-se de "drift" glacial; o Prairie corresponde à série Carrington ("loam") e, segundo Byers e outros (4), formou-se a partir de um "drift" glacial calcário; o podzol, indicado por Brown e Byers (3) pertence à série Hermon ("sandy loam"), derivada de granito; Gorbounov (9) indica a rocha mater do Crasnozem como pórfiro-andesito-basáltico; o vermelho-amarelo podzólico é apresentado por Brown e Byers (3) formado a partir de gnaiss e parte de xisto da região do Piedmont, pertencendo   série Cecil ("sandy loam"); a série Columbiana   derivada de material vulcânico, segundo Byers e outros (4); Hough e Byers (11) apresentam o solo da ilha Mauá como originado de lava; Hardy e Follet-Smith (10) indicam o granito como material de origem do solo da Guiana e Anderson e Byers (1) apresentam a série Nipe sem indicar o material que suporta a laterita que forma a série.

Comparando os nossos solos, derivados de rochas mais ou menos similares, com a sucessão do quadro 2, desde o solo des ertico até o podzol, evidencia-se claramente que não podemos enquadrar os de São Paulo em nenhuma dessas categorias. Os nossos solos parecem pertencer   região compreendida pelos crasnozems, como limite superior e o Latossolo citado por Hardy e Follet-Smith. As indica es parecem situar os solos entre o Vermelho-amarelo podzólico e o Latossolo de Byers e outros, o que é confirmado pela presença no Estado de perfis de ambas categorias.

Apesar de aparecerem em muitos pontos de São Paulo concre es e massas lateríticas, ainda não foi constatada a existência do perfil t pico. Por outro lado não podemos comparar as ocorrências e extensões dêsse grande grupo como na Bacia Amazônica (21).

Evidentemente não se podem classificar solos a partir da composição química total, porém sendo a mesma uma decorrência da ação dos fatores de formação, ela alia-se a outras propriedades que definem um solo e muitas inferências podem ser obtidas a partir dessas análises.

3. 3 — RELAÇÕES ENTRE TEOR TOTAL, POTENCIAL E TROCÁVEL

O teor potencial refere-se à quantidade de cada elemento, obtida pela subtração do trocável da quantidade total. A forma potencial refere-se aos minerais primários, formas secundárias e compostos definidos e onde está ausente o fenômeno de troca de cátions, determinado pelos processos correntes. Admitimos que essas formas não sejam absorvidas pelas plantas sem terem sofrido uma modificação da sua estrutura, passando para a forma trocável. Em trabalho anterior (4) verificou-se que elas resistem a uma extração a frio com HNO_3 2 N.

3. 3. 1 — TEOR POTENCIAL

Os solos de São Paulo apresentam um teor potencial variável. Para o K_2O os limites encontrados foram de 0,02% a 2,71% (entre 0,4 e 57,5 e.mg/100 g de terra); no caso do Na_2O obtiveram-se os limites 0,03 e 0,14% (entre 1 e 4,5 e.mg por 100 g); o CaO se apresenta de 0,08 a 1,49% (3,0 a 53,1 e.mg por 100 g) e o MgO entre 0,05 e 1,73% entre 3,0 e 53,1 e.mg por 100 g). Êsses teores, como os totais, dependem da rocha matriz que deu origem a cada solo. Os limites inferiores praticamente representam o teor trocável, isto é, são solos que não possuem potencial.

Separando os teores potenciais em grupos como foi feito em 3.1, verificamos que o K_2O segue a mesma distribuição que no teor total, ressaltando a riqueza maior para os solos que têm a rocha ou seus produtos parcialmente decompostos, dentro do perfil. No caso do Na_2O o potencial segue o total, o mesmo acontecendo com o CaO , com algumas exceções. O arenito de Pirambóia, o anfíbolito e a diabase produzem solos que estão no grupo inferior do indicado para o total. O MgO segue a distribuição dos elementos totais.

O estudo do potencial dentro do perfil foi feito dividindo-se o teor do elemento nas primeiras camadas pela quantidade existente na última. Êste número relativo estabelece quantas vezes as camadas superiores contêm em bases os teores encontrados na última. Em

virtude dos erros que existem normalmente nas determinações, amostragem etc., admitimos que no caso do K_2O as relações entre 0,5 a 2,0 representam constância de teor potencial em todo o perfil. Com algumas exceções, os solos parecem conter um potencial similar em K_2O em todo o perfil. A meteorização e lixiviação se dão por igual, não se notando nenhuma diferença entre a camada superficial e a profunda (provavelmente a intensidade do fenômeno igualou todos os horizontes na composição química). Quatro exceções existem, sendo os perfis 197 e 725 com relações menores que 0,5 e os 712 e 284 com relação maior que 2. No primeiro podemos admitir menor meteorização nas camadas mais profundas nesses materiais que são relativamente pobres em potencial, mas no segundo caso a explicação torna-se difícil porque o P 712 apresenta rocha semidecomposta em profundidade.

No caso do K_2O verificamos que a rocha no perfil tem influência no teor total e conseqüentemente no potencial. Porém essa influência parece se traduzir por igual em tôdas as camadas pois não encontramos relações diferentes entre a superfície e a profundidade na comparação feita.

No estudo da relação para o Na_2O nenhuma indicação aparece, porque tal elemento é bastante removido do perfil. Para o CaO tôdas as relações estão entre 0,5 e 2,0, mostrando que o composto é removido por igual, independente da quantidade que possa existir. O mesmo fenômeno ocorre para o MgO (com uma única exceção, o P 685, sem explicação razoável).

Em resumo, podemos concluir que o potencial do solo é relativamente igual dentro do perfil, nas profundidades estudadas. Não existem indícios de acúmulo de bases em potencial em nenhuma camada nem existe uma meteorização mais intensa na superfície. Não se verificou também nenhum efeito da matéria orgânica acumulada na superfície sobre as bases não trocáveis, mesmo em solos de mata. Como os elementos trocáveis se acumulam na superfície, o efeito da matéria orgânica parece se restringir a essa forma.

3. 3. 2 — RELAÇÃO ENTRE O POTENCIAL E O TROCÁVEL

A relação entre o potencial e o trocável é obtida simplesmente pela divisão da quantidade dum elemento na primeira forma pelo teor na segunda. Esses índices apresentariam resultados precisos se os solos

não tivessem baixos teores. A análise do trocável pode ser feita com uma boa precisão em virtude do tamanho da amostra, mas a análise do total é condicionada por uma quantidade fixa, apresentando, por isso, maior erro analítico. Estas são as restrições a serem feitas para a relação entre o potencial e o trocável. Verificou-se que a relação entre o potencial e o trocável varia em K_2O da superfície para a última camada, da seguinte forma: aumenta em 11 amostras, diminui em cinco e mantém-se aproximadamente igual em quatro. No primeiro caso, isto é, em que a relação aumenta, reflete-se o maior teor de trocável na camada superficial influenciada pela vegetação. No caso de as relações diminuírem ou manterem-se em profundidade com certa constância, não sabemos a que atribuir, visto existirem nessas amostras solos com baixos ou altos teores de potencial e solos que apresentam camadas com materiais em decomposição. Parece que a tendência é a primeira assinalada. O mesmo fenômeno acontece para o Na_2O e CaO . O caso do MgO difere dos anteriores porque a relação sempre aumenta em profundidade, o que entendemos perfeitamente, por ser relativamente constante o teor potencial no solo e diminuir em profundidade o teor trocável.

A relação entre o potencial e trocável permite prever a existência de formas em potencial, quer como minerais primários ou formas secundárias. Para esta análise temos que tomar limites na relação de modo arbitrário, em virtude das dificuldades analíticas do teor total, como foi frizado no início deste capítulo. Como os teores baixos produziram mais erros, analisaremos frente à quantidade dos elementos, de antemão eliminando o Na_2O pela quantidade pequena que possui. O limite fica estabelecido em 5, isto é, quando a relação for menor que 5 há possibilidades de que o teor trocável seja aproximadamente igual ao potencial, sem podermos prever formas não trocáveis.

Os solos derivados de tilitos, arenito do Glacial, arenito Bauru inferior (Caiuá) e diabase parecem não conter potencial em potássio. A diabase em um caso daria indícios de haver teor potencial.

Para o cálcio verificamos que o anfíbolito, algumas vezes a diabase, e o arenito Bauru parecem não apresentar formas em potencial, enquanto as demais rochas as possuem. Para o magnésio todos os solos têm teores em potencial.

3. 3. 3 — RELAÇÃO ENTRE AS BASES NO TEOR POTENCIAL E TROCÁVEL

Duas relações se sobressaem: K/Na e Ca/Mg. Estudando através do quadro 1 tais relações, alguns fatos podem ser registrados.

Classificando arbitrariamente as relações obtidas pela divisão da porcentagem do potássio pela do sódio no teor trocável e teor total, em grupos de 0-2, 2-5, 5-10 e 10 a 20, verificamos que no trocável os dois primeiros dominam, ficando só os solos derivados de anfibolito e um de diabase na relação 5 a 10, o gnaiss-granito e um dos arenitos Bauru na relação 10 a 20. Podemos generalizar dizendo que a maioria dos nossos solos possui teores trocáveis de potássio de 1 a 5 vezes o teor de sódio (em relação à porcentagem). Para o potencial a relação tende a ser maior, pois na classe 5 a 10 encontramos os solos derivados de arenito Bauru, Terciário, e aluvião argilosa, enquanto na classe 10 a 15 encontramos o granito, anfibolito, micaxisto e folhelho do Corumbataí. Com algumas exceções, quando mantiverem a mesma relação, os solos em geral têm uma relação mais estreita no teor trocável e mais larga no teor potencial.

Quanto à relação cálcio/magnésio, para ambas as formas verifica-se um caso interessante. Enquanto que a relação no teor potencial está entre 0-2 para todos os solos, a relação no trocável nessas condições só é encontrada nos solos gnaiss-granito, micaxisto, arenito glacial, uma diabase, terciário e aluvião. Os demais apresentam-se com relação acima de 2 até 30.

Na relação K/Na devemos ter em mira as dificuldades de dosagem de quantidades pequenas de sódio e a contaminação da amostra, que produzirá vícios nos resultados. No caso do Ca/Mg tal não se dá, e podemos indicar ser o magnésio mais resistente que o cálcio para passar à forma trocável. Na relação K/Na, sabendo da fácil lixiviação do segundo elemento, podemos concluir que o primeiro é também muito removido do perfil.

Para verificar a remoção do K em relação ao Ca podemos comparar pela relação Ca/K no teor trocável e potencial. No teor trocável, a relação (das porcentagens dos elementos) apresenta em geral o cálcio de 5 a 20 vezes o de potássio, fazendo exceção os solos com baixos teores como o arenito das Furnas, tilitos, arenito Glacial, gnaiss-granito, micaxisto e aluvião argilosa, que varia de 0 a 2. No potencial essa relação está entre 0-2, fazendo exceção os

solos do arenito do glacial, arenito Bauru, tilitos, arenito Bauru inferior e diabase. Portanto, desde que a relação do potencial é mais estreita que na forma trocável é admissível que ou o potássio é muito mais facilmente removível da forma trocável do que o cálcio, ou então o potássio é mais retido que esse elemento no potencial. Parece-nos mais adequada a segunda inferência.

4 — OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

Pelos resultados expostos anteriormente os solos de São Paulo encontram-se depauperados em bases, apresentando o potássio maior teor, quando as rochas são superficiais, isto é, quando a capa de meteorização não é profunda. Uma pergunta que surge dos dados apresentados é: quando se processa a maior remoção das bases, durante a meteorização da rocha ou quando a capa de meteorização já está formada? Neste tipo de trabalho nenhuma conclusão é permitida, porém, associando com o trabalho de Paiva e Nascimento (16), algumas idéias podem ser inferidas. Esses autores estudaram a composição dos materiais de diabase, desde a rocha viva até a primeira camada decomposta, na distância de 13 a 30 mm. Evidentemente tal rocha, sofrendo nas nossas condições uma decomposição profunda, deve representar o caso extremo da meteorização.

Esse trabalho apresenta a lixiviação de bases em rocha profunda (amostra 1 511) e rochas mais superficiais (1 518 e 1 876). Nota-se que as perdas por lixiviação nos primeiros estágios são elevadas para o sódio, potássio, cálcio e magnésio. A última camada nesse estudo, constitui a parte ocre envolvente da diabase e ainda não formando o "material original" ou horizonte C (18), porque aí começa a formação do mineral caolinita, que se completará fora dessa zona. A conclusão a ser tirada é que as perdas de bases nos nossos solos, e em especial a diabase, se processam intensamente na meteorização das rochas. A lixiviação do regolito é pequena porque o produto da decomposição já é paupérrimo e tem pequenos teores totais. Com referência à profundidade, apesar do pequeno número de dados parece-nos que a presença de rochas superficiais produzirá camada arável mais rica em teor total, pela presença de restos de minerais primários pouco ou não decompostos.

Os autores já citados apresentam uma relação molecular entre a sílica e as bases alcalinas. Uma vez que a sílica também é removida do solo, parecem-nos mais interessantes as relações com o ferro ou alumínio, como indica a relação molecular entre SiO_2 e MgO , onde se verifica que em duas amostras (1 511 e 1 876) a relação diminui e na terceira (1 518), dobra. Há casos em que a sílica é proporcionalmente mais removida que o MgO , na passagem da rocha para a camada decomposta. No quadro 3 apresentamos as relações moleculares entre o Al_2O_3 e as bases, calculadas dos dados apresentados por Paiva e Nascimento (16). Os resultados foram os mesmos quando se utilizou o Fe_2O_3 (aqui não apresentados).

QUADRO 3. — Relações moleculares entre Al_2O_3 e as bases, baseadas no trabalho de Paiva e Nascimento (16)

| Material | Relações moleculares | | | | | |
|-------------|---|--|--|--|--|---|
| | $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Na}_2\text{O}}$ | $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{K}_2\text{O}}$ | $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}$ | $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO}}$ | $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{MgO}}$ | $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}$ |
| | 1511 DV (*) | 4,4 | 18,1 | 3,5 | 0,9 | 1,5 |
| DD (**) | 167,8 | 632,5 | 137,5 | 36,0 | 10,0 | 7,8 |
| 1518 DV (*) | 3,6 | 16,4 | 3,0 | 0,9 | 1,3 | 0,5 |
| DD (**) | 195,3 | 91,1 | 60,0 | 15,8 | 10,4 | 6,2 |
| 1876 DV (*) | 3,9 | 9,4 | 2,8 | 1,1 | 1,9 | 0,6 |
| DD (**) | 45,7 | 48,4 | 22,9 | 14,8 | 3,3 | 2,7 |

(*) Rocha viva.

(**) Rocha decomposta.

A remoção do sódio e potássio nessas camadas, em escalas similares, é maior que a remoção do cálcio e por sua vez a deste é maior que a do magnésio. Comparando as conclusões acima com as análises dos teores totais de solos derivados da diabase (T 2 386 a 2 389 e P 734), verificamos que estão concordes as afirmações acima. Na comparação dos totais entre o K e o Na em outros tipos de rochas, achamos que o potássio é menos removido que o sódio, porém na diabase a remoção é igual.

5 — CONCLUSÕES

a) Os solos do Estado apresentam o teor total em K_2O entre 0 a 1%. Quantidades acima dessas porcentagens só foram encontradas nos solos que possuíam restos de rocha antes de 1 metro de profundidade.

Os conteúdos em Na_2O total são menores que 0,1%, indicando uma lavagem intensa desse composto. O teor total em CaO variou entre 0,20 a 0,80% e o de MgO entre 0,22 a 1,80%.

O elemento mais removido do perfil é o sódio, seguindo-se o potássio, cálcio e magnésio. Nos solos derivados de diabase parece existir uma lixiviação tão intensa do K quanto a do Na.

b) A sua comparação com solos de outras regiões climáticas indica que eles possuem teores totais equivalentes aos Latossolos e Vermelho-amarelo podzólico.

c) O teor potencial (% total — % trocável) segue em linhas gerais o teor total. Para os elementos estudados não foram encontradas variações dentro do perfil.

d) As relações potencial/trocável nos diversos elementos apresentou-se errática dentro do perfil, exceto para o MgO , que sempre aumentou em profundidade.

Nestas relações pode-se prever ausência de teor potencial em K_2O para os solos derivados de tilitos, arenito Glacial, arenito Caiuá e diabase. Algumas vezes a diabase e o arenito Bauru não apresentam CaO no potencial.

e) O teor trocável em K_2O é 1 a 5 vezes o de Na_2O e no potencial tal elevação é mais larga.

No caso CaO/MgO a relação no trocável está entre 0 a 2 e no potencial ela se alarga até 30.

CHEMICAL COMPOSITION OF SOME SÃO PAULO SOILS
1 — ELEMENTS K, Na, Ca AND Mg

SUMMARY

A study of the bases status in soils of São Paulo State was carried out taking in consideration mainly the parent rock. Detailed analytical data have been presented for 20 soil profiles, in exchangeable, soluble and total analysis.

These soils have low base content because the intensity and time of weathering in the region. K generally does not exceed 1% (K_2O) in total analysis and its content

is higher when the rock is within the soil profile (150 cm). The sodium is leached from the regolith and it reaches no more than 0.1% (Na_2O).

Calcium and magnesium do not show the same dependence on the rock in the profile like K, and their contents are between 0.2 to 0.8% for CaO and 0.2 to 0.8% for MgO.

Comparing characteristics of these soils with the analytical data from other soils subjected to a variety of climatic conditions, it can be seen that as to their total content they can be placed between krasnozems and latosols of tropical and semitropical region.

The "potential" content of bases (total content minus exchangeable one) follows the same trend of the total data, and the profile has the same amount throughout.

The relationship between the "potential" and exchangeable contents shows increases in ratio with depth. For certain rocks it is doubtful if there is a potential form because both determinations are practically the same.

The relation among bases in potential and exchangeable forms indicates that K/Na, Ca/Mg and Ca/K are narrower in the potential than in the exchangeable one.

LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, M. S. & BYERS, H. G. Character of the colloidal materials in the profiles of certain major soil groups. Washington, U.S.D. Agric., 1931. 24 p. (Tech. Bull. n.º 228)
2. BROWN, I. C. & BYERS, H. G. The chemical and physical properties of dry-land soils and of their colloids. Washington, U.S.D. Agric., 1935. 56 p. (Tech. Bull. n.º 502)
3. ———— Chemical and physical properties of certain soils developed from granitic materials in New England and the Piedmont, and of their colloids. Washington, U.S.D. Agric., 1938. 56 p. (Tech. Bull. n.º 609)
4. BYERS, H. C., ALEXANDER, L. T. & HOLMES, R. S. The composition and constitution of the colloids of certain of the Great Groups of Soils. Washington, U.S.D. Agric., 1935. 38 p. (Tech. Bull. n.º 484)
5. CATANI, R. A. Estudo do potássio nos solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, Tip. I. Ferracina, 1955, 34 p. (Tese)
6. ————, GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto agrônomo, 1955. 29 p. (Boletim n.º 69)
7. ———— & KÜPPER, A. As formas "tracável" e "fixa" dos cations K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} nos solos do Estado de São Paulo. *Bragantia* 9:[185]-192. 1949.
8. ———— & PAIVA, J. E. (neto). Dosagem do potássio e sódio pelo "fotômetro de chama". — Sua aplicação em análise de solo. *Bragantia* 9:[175]-183. 1949.
9. GORBOUNOV, I. Composition minéralogique des Krasnozems. Moscou, Académie des Sciences de l'U.R.S.S., 1954. 54 p.
10. HARDY, F. & FOLLET-SMITH, R. R. Studies in tropical soils. II. Some characteristic igneous rock soil profiles in British Guiana, South America. *J. agric. Sci.* 21 (IV):[739]-761. 1931. [Reimpresso]
11. HOUGH, G. J. & BYERS, H. G. Chemical and physical studies of certain Hawaiian soil profiles. Washington, U.S.D. Agric., 1937. 26 p. (Tech. Bull. n.º 584)
12. JENNY, H. Factors of soil formation. 1.ª ed., New York, McGraw-Hill Book Co., 1941. p. 13-20.
13. KING, L. C. A geomorfologia do Brasil oriental. *Rev. bras. Geografia* 18:[147]-265. 1956.

14. KÜPPER, A. Dosagem do magnésio pela 8-hidroxiquinolina. Reunião bras. Ciência do Solo, 2.^a. Rio de Janeiro, 1953. Anais. p. [145]
15. PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., QUEIROZ, M. S. & KÜPPER, A. Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Estado de São Paulo. *In* Reunião bras. Ciência do Solo, 1.^a. Rio de Janeiro, 1947. Anais. Rio de Janeiro., Soc. bras. Sci. Solo, 1950. p. [79]-108.
16. ———, & NASCIMENTO, A. C. Diabásios e seus produtos de decomposição. Trabalho apresentado ao VI Congresso de Ciência do Solo, realizado em Salvador, Bahia, 1957. [não publicado]
17. SETZER, J. Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo. São Paulo, Escolas prof. salesianas, 1946. 103 p.
18. Soil survey staff. Soil Survey Manual. Washington, U.S.D. Agric., 1951. p. 147. (Handbook n.º 18)
19. VERDADE, F. C. Observações sôbre métodos de determinação da capacidade de troca de cátions do solo. *Bragantia* 15:[393]-401. 1956.
20. ——— Bases do solo e seu comportamento frente a extratores ácidos. *Bragantia* 17:[225]-236. 1958.
21. ——— & KÜPPER, A. Relatório de viagem ao norte do Brasil. Pará, Amazonas e Rio Branco. 1958. 102 p. [Datilografado]
22. VILENSKY, D. G. Some data about alkali soils of Russia. *Soil Res.* 1:50-66. 1928/29.