

SEÇÃO II - QUÍMICA E MINERALOGIA DO SOLO

MINERALOGIA E FORMAS DE POTÁSSIO E MAGNÉSIO EM DIFERENTES CLASSES DE PESOS E TAMANHOS DA FRAÇÃO AREIA DE SOLOS DO TRIÂNGULO MINEIRO⁽¹⁾

V. F. MELO⁽²⁾, A. N. RIBEIRO⁽³⁾, P. A. MASCHIO⁽³⁾,
G. F. CORRÊA⁽⁴⁾ & V. C. LIMA⁽²⁾

RESUMO

O presente trabalho objetivou estudar a distribuição da reserva de K e Mg nas diferentes classes da fração areia de solos do Triângulo Mineiro, destacando-se o potencial de liberação de formas não-trocáveis e estruturais destes nutrientes para as plantas. A seleção do local de amostragem foi definida com base nas diferenças entre os materiais de origem (Grupo Bauru, Araxá, São Bento e Coberturas Detrítico-Lateríticas Terciárias), estágio de desenvolvimento dos solos e representação espacial das litologias. Amostras da fração areia dos solos foram separadas em areia leve (AL) e pesada (AP) com uso do bromofórmio (densidade 2,8 g cm⁻³) e, por meio de um conjunto de peneiras, a fração AL foi separada em cinco classes diferentes: areia muito grossa (AMG), areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF) e areia muito fina (AMF). Os teores totais e não-trocáveis de K e Mg foram obtidos após digestão das amostras com HF, HNO₃ e H₂SO₄ concentrados e com HNO₃ 1 mol L⁻¹ fervente, respectivamente. Na caracterização mineralógica da fração areia, utilizou-se a difração de raios-X. A fração areia dos solos é composta basicamente por quartzo, com predomínio de minerais leves e de menor tamanho (AF e AMF). Em geral, os difratogramas de raios-X da fração areia apresentaram apenas reflexões discretas de minerais primários fontes de nutrientes (MPFN), como mica e feldspato. Dentro da AL, os maiores teores de K e Mg totais foram advindos das frações mais finas (AF e AMF), tendo a fração AM apresentado a menor liberação de formas não-trocáveis destes nutrientes. Observou-se que solos com teores totais elevados de K e Mg na fração areia, geralmente, apresentaram maior capacidade de liberação de parte desses nutrientes para a solução do solo, atribuída à maior presença de MPFN. A fração areia dos solos originados de arenito da Formação Uberaba e de migmatito/micaxisto do Grupo Araxá apresentaram as maiores reservas e liberação de K e Mg.

Termos de indexação: reserva mineral, mica, feldspato, intemperismo.

⁽¹⁾ Parte do trabalho de recém-doutor do primeiro autor (bolsa da FAPEMIG) e de iniciação científica do segundo e terceiro autores (bolsa do CNPq). Recebido para publicação em abril de 2003 e aprovado em dezembro de 2003.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal do Paraná – UFPR. Rua dos Funcionários 1540, Departamento de Solos, Juvevê, CEP 80035-050 Curitiba (PR). E-mail: vanderfm@agrarias.ufpr.br; valmiqui@ufpr.br

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo, UFPR. E-mail: anderphoenix@pop.com.br

⁽⁴⁾ Professor do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Av. Amazonas s/n – Bloco 4C, Campus Umuarama, Caixa Postal 593, CEP 38400-902 Uberlândia (MG). E-mail: gfcorra@ufu.br

SUMMARY: *MINERALOGY AND FORMS OF K AND MG IN DIFFERENT WEIGHT AND SIZE CLASSES OF SAND FRACTION OF TRIÂNGULO MINEIRO SOILS, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL*

The objective of this work was to study the distribution of K and Mg reserve in different sand fraction classes of soils from the Triângulo Mineiro region (Minas Gerais state, Brazil), emphasizing the potential to release non-exchangeable and structural forms of these nutrients to plants. Sites were chosen for sampling based on the different parent materials (sandstone - Bauru Group, Granite - Araxá Group, basalt - São Bento Group and sediments - Detritic-Lateritic-Tertiary Cover), weathering degree, and spatial lithology representation. Samples of sand fraction were separated according to their weight (heavy sand-AP and light sand-AL) using bromoform ($d = 2.8 \text{ g cm}^{-3}$). The AL fraction was separated in five size groups (very coarse sand-AMG, coarse sand-AG, medium sand-AM, fine sand-AF, and very fine sand-AMF) using a set of sieves. The total and non-exchangeable K and Mg concentration were determined after wet digestion of samples with a $\text{HF} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ mixture and boiling $1 \text{ mol L}^{-1} \text{ HNO}_3$, respectively. The mineralogy of the sand fraction was characterized by X-ray diffraction. The sand fraction of the soils were mainly composed of quartz with a predominance of light and fine minerals (AF and AMF). In general, X-ray diffractograms indicated the presence of very low contents of primary minerals that are source of nutrients (MPFN), such as mica and feldspar. In the light sand fraction, the finest fractions (AF and AMF) were responsible for the highest total K and Mg contents, while the lowest non-exchangeable K and Mg release was observed for the AM fraction. It was observed a close relationship between the total K and Mg contents in the sand fraction and the capacity to release these nutrients to the soil solution was observed, which was attributed to the larger concentration of MPFN. The sand fraction of sandstone-developed soils (Uberaba Formation) and granite (Araxá Group) presented the largest reserve and release of K and Mg.

Index terms: mineral reserve, mica, feldspar, highly weathered soils.

INTRODUÇÃO

A reserva de K nos solos está associada, principalmente, à presença de biotita, ortoclásio, microclínia e muscovita (K estrutural) e de minerais secundários do tipo 2:1, com alta densidade de carga negativa (K não-trocável) (Song & Huang, 1988). Já a liberação de formas estruturais de Mg para as plantas depende da ocorrência e do intemperismo de minerais ferromagnesianos nas frações do solo (Rice & Kamprath, 1968; Christenson & Doll, 1973). A extração com HNO_3 1 mol L^{-1} fervente (Pratt & Morse, 1954, citados por Knudsen et al., 1986) é o método mais utilizado para estimar a contribuição de formas não-trocáveis e estruturais de K e Mg na nutrição de plantas (Rice & Kamprath, 1968; Melo et al., 1995). Nachtigall & Vahl (1991) encontraram altos valores de coeficientes de correlação entre o K extraído pelo HNO_3 1 mol L^{-1} fervente e o K absorvido pelas plantas de milho e azevém em cultivos sucessivos. Esses autores também demonstraram que os teores de K trocável mantiveram-se relativamente constantes no solo antes e depois do cultivo, comprovando a disponibilização de formas não-trocáveis para as plantas.

Segundo Unamba-Oparah (1985), a capacidade de suprimento de K de solos altamente intemperizados da Nigéria foi fortemente relacionada com os teores de areia fina e silte. A baixa relação da fração argila com o suprimento de K foi atribuída ao elevado

estádio de intemperismo dessa fração, sem grandes reservas de K e Mg. Já a fração areia dos solos estudados apresentou flocos de muscovita, explicando a maior correlação das frações mais grosseiras com o suprimento de K para a solução do solo.

O trabalho desenvolvido por Sadusky et al. (1987) também evidenciou a importância das frações mais grosseiras do solo no fornecimento de K para as plantas a partir de formas inicialmente não-trocáveis deste nutriente. Os autores estudaram a cinética e os mecanismos de liberação de K de solos arenosos e observaram grande liberação do nutriente pelos minerais presentes na fração areia, principalmente feldspato potássico, justificando a falta de resposta de plantas de milho e azevém à aplicação de fertilizantes. Resultados semelhantes foram encontrados por Melo et al. (1995) em solos do Rio Grande do Sul cultivados com *Eucalyptus saligna* com sete anos de idade.

Em solos altamente intemperizados, a fração areia é composta basicamente por quartzo, com menor ocorrência de rutilo, anatásio e zircão (Frazão, 1984; Melo et al., 2000), minerais que não apresentam reserva de K e Mg. Assim sendo, os teores totais dos nutrientes encontrados podem estar associados a outros minerais resistentes, como muscovita e vermiculita com hidróxi entrecamadas (VHE) (Rebertus et al., 1986).

Segundo Melo et al. (2000), pequena quantidade de minerais micáceos trioctaedrais, considerando os

altos teores de K e Mg, é suficiente para fornecer os teores totais destes nutrientes, normalmente obtidos na fração areia de solos altamente intemperizados. Outra importante fonte de K e Mg não-trocáveis nestes solos, relatada pelos autores, é a presença de agregados bastante estáveis de caulinita que resistem à dispersão química e física durante a separação das frações, permanecendo no tamanho de areia. A ocorrência de K e Mg na caulinita é atribuída à presença de discretas camadas de micas preservadas no interior da estrutura do mineral (Lee et al., 1975; Melo et al., 2001b).

O objetivo deste trabalho foi estudar a distribuição da reserva de K e Mg nas diferentes classes de pesos e tamanhos da fração areia, relacionando a ocorrência dos minerais com as formas não-trocáveis destes nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem dos solos

A seleção do local de amostragem foi definida com base nas diferenças entre os materiais de origem dos solos, contemplando diferentes grupos geológicos ocorrentes no Triângulo Mineiro: Grupo Bauru, Grupo Araxá, Grupo São Bento e Coberturas Detrítico-Lateríticas Terciárias (Quadro 1). O número de solos em cada grupo foi definido de acordo com a representação espacial das litologias, sendo as amostras do Grupo Bauru tomadas em maior número. Neste grupo, foi feita amostragem em todas as formações geológicas encontradas no Triângulo Mineiro. Considerando a baixa reserva de nutrientes dos arenitos das Formações Adamantina e Marília e a homogeneidade mineralógica da fração areia de

Quadro 1. Classe⁽¹⁾, material de origem⁽²⁾, análise textural⁽³⁾ e localização dos solos amostrados na região do Triângulo Mineiro

Amostra	Classe	Horiz.	Profundidade	Local/município	Grupo geológico	Formação geológica	Litologia	Textura		
								Areia	Silte	Argila
			cm					— g kg ⁻¹ —		
1	Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd)	Bw	52-85	Uberlândia	Coberturas ⁽⁴⁾	-	Sedimentos	110	10	880
2	Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd)	Bw	31-70	Capinópolis	Bauru	Adamantina ⁽⁶⁾	Arenito	620	40	340
3	Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico (PVAe)	Bt	53-108	Comendador Gomes	Bauru	Adamantina ⁽⁶⁾	Arenito	680	30	290
4	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (LVAd)	Bw	47-70	Uberaba	Bauru	Marília ⁽⁶⁾	Arenito	660	10	330
5	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (LVAd)	Bw	32-66	Uberaba	Bauru	Uberaba ⁽⁷⁾	Arenito	660	20	320
6	Alissolo Cromico argilúvico típico (ACT)	Bt	29-67	Uberaba	Bauru	Uberaba ⁽⁷⁾	Arenito	550	30	420
7		C	67-115					530	140	330
8	Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf)	Bw	37-70	Conquista	São Bento	Serra Geral ⁽⁸⁾	Basalto	40	390	570
9	Nitossolo Vermelho eutroférico chernossólico (NVef)	Bt1	22-43	Indianópolis	São Bento	Serra Geral ⁽⁸⁾	Basalto	60	220	720
10		BC	65-88					70	210	720
11	Nitossolo Vermelho distroférico típico (NVdf)	Bt	27-52	Ituiutaba	São Bento	Serra Geral ⁽⁸⁾	Basalto	270	110	620
12		C	52-69					270	110	620
13	Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto (PVAe)	Bt	32-88	Araguari	Araxá ⁽⁵⁾	-	Migmatito	190	100	710
14		BC	88-125					240	100	660

⁽¹⁾ EMBRAPA (1999). ⁽²⁾ RADAMBRASIL (1983). ⁽³⁾ EMBRAPA (1997). ⁽⁴⁾ Coberturas detrítico-lateríticas terciárias. ⁽⁵⁾ Unidades pré-cambrianas compostas de micaxisto, gnaisses granatíferos, migmatitos e granitos. ⁽⁶⁾ Pacote sedimentar com camadas predominantemente areníticas e secundariamente lamíticas, conglomeráticas, silticas e argilíticas. ⁽⁷⁾ Pacote sedimentar interestratificado de arenitos muito finos, médios e raramente grosseiros com camadas de siltitos, argilitos e arenitos conglomeráticos ou arenito conglomerático, com ocorrências cíclicas, matriz arenítica esverdeada, agregando grânulos de basalto, argilito, magnetita e nódulos de calcário e um conglomerado basal com matriz polimítica. ⁽⁸⁾ Sucessão de derrames de composição básica, com intercalações lenticulares de arenitos (Botucatu) intertrapeado.

outros materiais de origem, do total de 19 solos utilizados no trabalho de Melo et al. (2003), selecionaram-se apenas 10 para o presente estudo (Quadro 1).

Para avaliar os teores de K e Mg em relação ao grau de intemperismo, na Formação Serra Geral (basalto), Formação Adamantina e Formação Uberaba, selecionaram-se diferentes classes de solos (Latosolo, Argissolo, Alissolo e Nitossolo) (Quadro 1). Com o objetivo de estudar diferenças nos teores de K e Mg com a profundidade do solo, foram selecionados os horizontes B e BC ou C para os Argissolos, Nitossolos e Alissolos. Já para os Latossolos, analisou-se apenas o horizonte B.

Preparação das amostras e separação das frações do solo para as análises químicas e mineralógicas

Para separar as frações granulométricas, as amostras foram tratadas com hipoclorito de sódio, para remoção de matéria orgânica, e com NaOH 0,2 mol L⁻¹, para dispersão das partículas (Jackson, 1979). A fração areia foi obtida passando-se a suspensão resultante por uma peneira de 0,05 mm de malha.

Análises quantitativas da fração areia

Separação de minerais leves e pesados

Amostras da fração areia foram separadas por densidade em areia leve (AL) e areia pesada (AP) utilizando-se como líquido de separação o bromofórmio, com densidade variando de 2,83 a 2,85 g cm⁻³, a 20 °C (EMBRAPA, 1997). Em razão da pequena quantidade de AL para os solos originados de basalto e de AP para as demais amostras, foram necessárias várias repetições do procedimento de separação (para cada separação, foram tomadas 2 g de amostra): amostras 1, 4 e 7 - oito repetições; amostras 2, 13 e 14 - seis repetições; amostra 3 - 11 repetições; amostras 5, 6 e 8 - cinco repetições; amostras 9 e 10 - quatro repetições; amostra 11 - 17 repetições e amostra 12 - 12 repetições.

Separação das frações da AL

Dentro da fração AL, foram separados diferentes tamanhos de grãos por meio de um conjunto de peneiras (fracionamento granulométrico). A separação resultou em cinco frações diferentes: areia muito grossa (AMG) (entre 1,0 e 2,0 mm); areia grossa (AG) (entre 0,5 e 1,0 mm); areia média (AM) (entre 0,25 e 0,5 mm); areia fina (AF) (entre 0,1 e 0,25 mm) e areia muito fina (AMF) (entre 0,05 e 0,1 mm) (Jackson, 1979). Após a separação, as amostras foram pesadas em balança de precisão para determinar a contribuição de cada subdivisão na AL. Em virtude dos reduzidos teores de AMG na AL dos solos, optou-se por misturar as frações AMG e AG, gerando uma nova fração (AMG + AG), que foi utilizada para as análises químicas e mineralógicas.

Separação das frações da AP

Para avaliar a distribuição de K e Mg na fração AP, selecionaram-se as amostras provenientes de basalto (amostras 8, 9 e 10) (Quadro 1), considerando os elevados teores dessa fração. Os minerais foram separados por ação magnética (EMBRAPA, 1997), resultando nas frações: areia pesada magnética (APM), areia pesada fracamente magnética (APFM) e areia pesada não-magnética (APNM). Para verificar a presença de biotita e fragmentos de basalto, amostras da fração AP foram analisadas com lupa.

Determinação dos teores totais de K e Mg da fração areia e de suas subdivisões

Para determinar os teores totais de K e Mg na fração areia total e em suas diferentes classes de pesos e tamanhos, utilizou-se o método da digestão com os ácidos: fluorídrico, nítrico e sulfúrico, apresentado por Lim & Jackson (1986), com adaptações propostas por Melo et al. (2002ab). As dosagens de K e Mg foram feitas por fotometria de chama e espectrofotometria de absorção atômica, respectivamente.

Determinação dos teores não-trocáveis de K e Mg da fração areia e de suas subdivisões

Para obtenção dos teores não-trocáveis de K e Mg, amostras de areia total e das frações da AL (AG+AMG, AM, AF e AMF) foram submetidas ao tratamento com HNO₃ 1 mol L⁻¹ fervente (Pratt & Morse, 1957, citados por Knudsen et al., 1986, com adaptações). As amostras da fração AP não foram submetidas ao tratamento por serem os teores dessa fração extremamente baixos na areia da maior parte dos solos.

Tomou-se 0,6 g de amostra natural (sem moagem), em frascos de vidro na presença de 1,5 mL de HNO₃ 1 mol L⁻¹. Os frascos parcialmente tampados (tampa plástica apenas apoiada) foram distribuídos em banho de óleo a 113 °C, permanecendo sob fervura por 25 min. O extrato foi filtrado em papel de filtragem lenta e o resíduo lavado com 4 mL de HNO₃ 0,1 mol L⁻¹. Ao final, o volume foi aferido para 6 mL e acondicionado para a determinação dos teores de K e Mg.

Difratometria de raios-X (DRX)

Para identificar os minerais existentes na fração areia total e em suas subdivisões (AL, AG + AMG, AM, AF e AMF), selecionaram-se amostras representativas (amostras 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11 e 13), com base no material de origem (sedimentos, arenito, basalto e migmatito/micaxisto) e estágio de intemperismo dos solos, tomando-se, dentro de um mesmo material de origem, diferentes classes de solos (Quadro 1). Para estudar as subdivisões da AP (APM, APFM e APNM), tomaram-se amostras

de solos desenvolvidos de basalto (amostras 8, 9 e 10) (Quadro 1). Após moagem em almofariz, as amostras foram montadas em placa de Koch (não orientadas) (Besoain, 1985), para serem analisadas por DRX. Os difratogramas foram obtidos em goniômetro vertical Philips, modelo PW1050/70, com velocidade de $1^\circ 2\theta/\text{min}$ e amplitude de 2 a $50^\circ 2\theta$. O difratômetro, utilizando radiação $\text{CuK}\alpha$ e filtro de Ni, foi operado a 20 mA e 40 kV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mineralogia da fração areia e de suas subdivisões

A fração areia dos solos é constituída basicamente por quartzo, com apenas reflexões discretas de minerais primários fontes de nutrientes (MPFN), como mica e feldspato (Figura 1). Segundo Melo et al. (2000), mesmo em baixa quantidade, a mica é responsável pelos teores totais de K e Mg, normalmente encontrados na fração areia de solos altamente intemperizados. Mesmo na fração argila de diferentes classes de Latossolos, Melo et al. (2002b) detectaram minerais micáceos, com teores variando de 1 a 26 g kg^{-1} . Segundo esses autores, a concentração relativa de sílica e bases nos agregados dos solos mais intemperizados, preservadas da lixiviação decorrente do reduzido tamanho dos poros, pode ser responsável pela redução do intemperismo deste mineral dentro das estruturas. Moura Filho (1970), trabalhando com um Latossolo Vermelho distroférico do Triângulo Mineiro, encontrou relação inversa entre tamanho de agregados e teor de bases.

A baixa ocorrência de MPFN, mesmo em solos mais jovens desenvolvidos de materiais mais ricos mineralogicamente, como arenito da Formação Uberaba, migmatito/micaxisto e basalto (Figura 1 - amostras 6, 9, 11 e 13), é coerente com as condições pedoclimáticas encontradas no Triângulo Mineiro, em que as altas temperaturas e umidade favorecem o intemperismo. A reserva de K e Mg dos solos originados de arenitos das Formações Adamantina e Marília é ainda menor, essencialmente considerando que estes solos apresentam mais de 600 g kg^{-1} de areia (Quadro 1).

As frações AT, AP e AL dos solos originados de basalto (amostras 8, 9 e 10) apresentaram minerais característicos do material de origem, como a magnetita ($\text{Fe}_2^{3+}\text{Fe}^{2+}\text{O}_4$)/maghemita ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), ilmenita (FeTiO_3) e plagioclásio Ca/Na (Figura 1, amostras 8 e 9 e Quadro 2). Em decorrência da dificuldade de separação da magnetita e maghemita por DRX (minerais isoestruturais) (Schwertmann & Taylor, 1989), optou-se pela apresentação conjunta dos minerais (notação Mgn/Mgh nos difratogramas). O Nitossolo Vermelho distroférico (NVdf) de Ituiutaba, mesmo pertencendo à mesma formação,

apresentou apenas quartzo na AT (Figura 1, amostra 11). Essa mineralogia pode indicar a presença do arenito Botucatu intertrapeado no basalto, material de origem do solo, ou pode decorrer da influência do arenito Bauru (Formação Adamantina) em posição de interface com o basalto da Formação Serra Geral.

A fração AP dos solos foi composta basicamente por óxidos de ferro (hematita, goethita e magnetita/maghemita) (Quadro 2). Os solos desenvolvidos dos sedimentos das Coberturas Terciárias e dos arenitos do Grupo Bauru (amostras 1, 3, 4, 5 e 6) apresentaram também reflexões distintas e características de quartzo na AP. Segundo Jackson (1979), o quartzo é um mineral classificado como leve com densidade de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$. A ocorrência de quartzo na AP pode ser explicada pela presença de fragmentos de rocha que contêm o mineral em associação com óxidos de Fe, forçando a descida dos grãos no líquido de sedimentação.

Análise quantitativa da fração areia por densidade, magnetismo e tamanho de partículas

A fração areia dos solos estudados foi composta em sua quase totalidade por minerais leves (Quadro 3), excetuando-se os solos desenvolvidos de basalto (Formação Serra Geral) (amostras 8 a 12), onde a participação de minerais pesados foi elevada. Esse comportamento é justificado, principalmente, pelo alto teor de minerais ferrimagnéticos (magnetita), presentes no material de origem de caráter básico (RADAMBRASIL, 1983) e óxidos de Fe secundários (hematita e goethita) formados no solo (Quadro 2) e estabilizados na forma de agregados do tamanho areia (Melo et al., 2001a). O predomínio de minerais leves na fração areia de diferentes classes de solos também foi observado por Melo et al. (1995), trabalhando com rochas ígneas ácidas e rochas sedimentares.

De maneira geral, observou-se pequena participação da fração AMG + AG na AL, com teores maiores, somente nos solos desenvolvidos de materiais das Coberturas Terciárias e do Grupo Araxá (amostras 1, 13 e 14) (Quadro 3). A fração mais expressiva da AL foi a AF, com teores variando de $311,6$ a $689,4 \text{ g kg}^{-1}$, indicando uma granulometria mais fina de grande parte dos materiais de origem dos solos do Triângulo Mineiro.

Com relação à composição da AP dos solos originários do basalto (Quadro 3, amostras 8, 9 e 10), verificou-se uma maior abundância de minerais magnéticos (APM) no solo mais intemperizado (Latossolo Vermelho distroférico - LVdf). O Nitossolo Vermelho eutroférico (NVef) de Indianópolis apresentou o maior teor de minerais não-magnéticos (APNM), justamente em seu horizonte mais preservado (horizonte BC, amostra 10). Nesse horizonte, provavelmente, a presença de minerais primários facilmente intemperizáveis, com

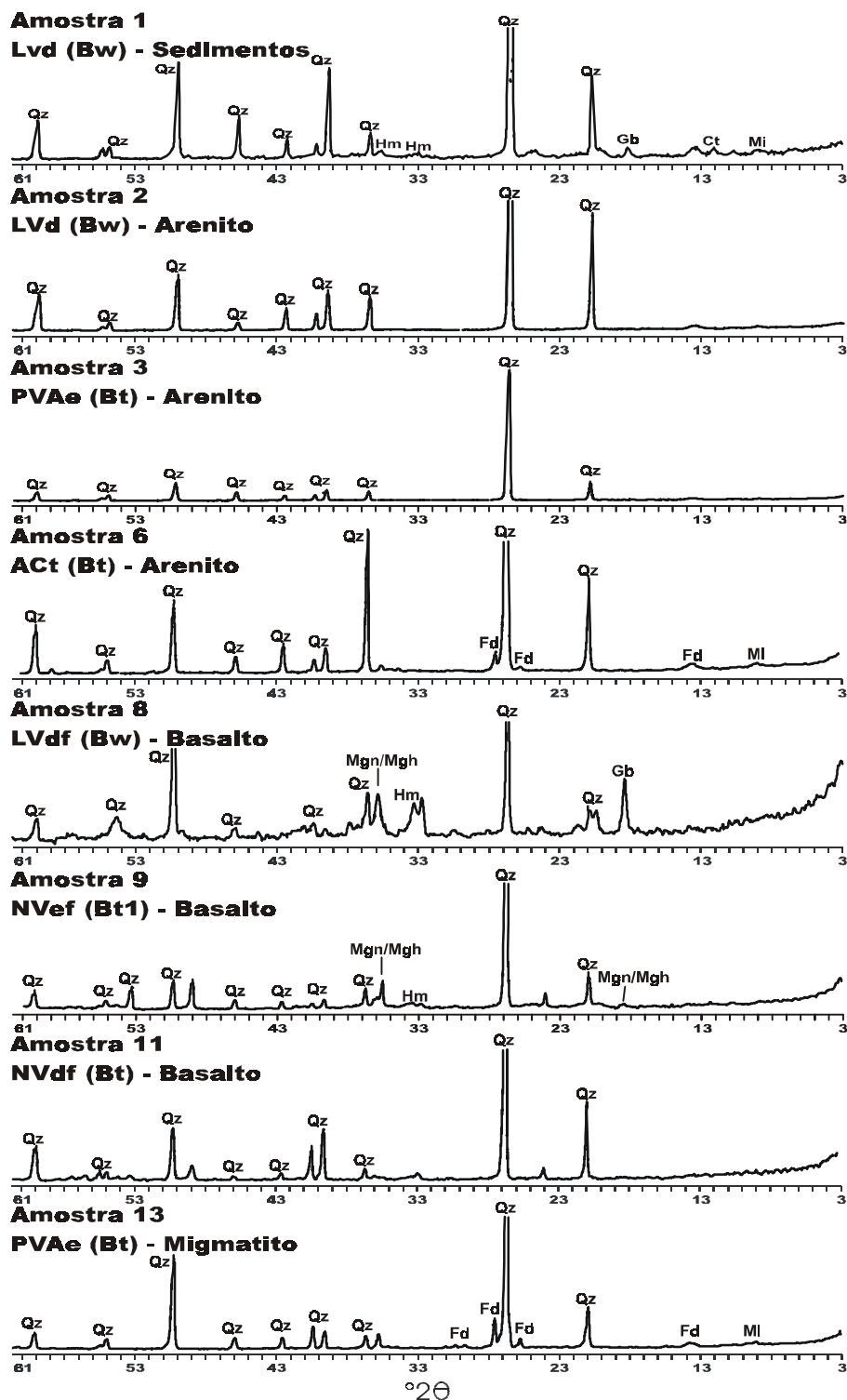


Figura 1. Difratogramas de raios-X de amostras representativas da fração areia total, apresentando os seguintes minerais: Ct - caulinita, Fd - feldspato potássico, Gb - gibbsita, Hm - hematita, Mgn/Mgh - magnetita/maghemita, Mi - mica e Qz-quartzo.

densidade superior ao líquido de separação (anfíbólio, piroxênio e mica - Jackson, 1979), reduz a participação dos magnéticos (minerais mais resistentes ao intemperismo).

Teores totais de K e Mg

Os valores do coeficiente de correlação entre os teores totais de K da AT e de suas subdivisões (r entre K-AT e K-AL, AMG + AG, AM, AF e AMF = 0,99***;

Quadro 2. Mineralogia da fração areia e de suas subdivisões⁽¹⁾

Amostra	Classe	Horiz.	AT	AP	APM	APFM	APNM	AL	AMG + AG	AM	AF	AMF
1	LVd	Bw	Qz; Hm; Gb; Ct ⁽²⁾ ; Mi ⁽²⁾	Qz; Hm; Gt	-(³)	-	-	Qz; Mi ⁽²⁾	Qz	Qz; Ct ⁽²⁾ ; Mi ⁽²⁾	Qz; Ct ⁽²⁾ ; Mi ⁽²⁾ ; Hm ⁽²⁾	Qz
3	PVAe	Bt	Qz	Qz; Hm	-(³)	-	-	Qz; Mi	Qz; Mi	Qz; Mi	Qz; Ct ⁽²⁾	Qz; Fd; Ct ⁽²⁾ ; Mi
4	LVAd	Bw	Qz; Mi ⁽²⁾ ; Hm ⁽²⁾	Qz; Hm; Gt ⁽²⁾	-(³)	-	-	Qz; Mi ⁽²⁾	Qz	Qz; Mi	Qz; Mi	Qz
5	LVAd	Bw	Qz; Mi ⁽²⁾	Qz; An; Mgn/Mgh; Hm; MiCt	-(³)	-	-	Qz; Mi	Qz; Gb ⁽²⁾ ; Mi	Qz; Mi ⁽²⁾	Qz; Mi ⁽²⁾	Qz; Mi ⁽²⁾
6	ACt	Bt	Qz; Fd; Mi ⁽²⁾	Qz; Hm; Mi ⁽²⁾	-(³)	-	-	Qz; Fd; Mi ⁽²⁾	Qz; Fd ⁽²⁾ ; Mi ⁽²⁾	Qz; Fd ⁽²⁾ ; Mi ⁽²⁾	Qz; Fd ⁽²⁾ ; Mi ⁽²⁾	Qz; Fd; Mi ⁽²⁾
8	LVdf	Bw	Qz; Gb; Mgn/Mgh ⁽²⁾ ; Hm ⁽²⁾	Hm; Mgn/Mgh	Mgn/Mgh; Ilm; Hm	Hm; Mgn/Mgh; Ilm	Qz; Hm; Gt; Mi ⁽²⁾	Qz; Gb; Gt ⁽²⁾	Gb; Qz; Gt ⁽²⁾	Qz; Gb ⁽²⁾ ; Mi ⁽²⁾	Qz; Gb; Mi ⁽²⁾ ; Ct ⁽²⁾	Qz; Gb; Mi ⁽²⁾
9	NVef	Bt1	Qz; Mgn/Mgh ⁽²⁾ ; Hm ⁽²⁾	Hm; Mgn/Mgh	Mgn/Mgh; Ilm	Ilm; Hm; Mi ⁽²⁾	Ilm; Qz; Mi ⁽²⁾	Qz; Pg; Mi ⁽²⁾	Qz; Pg ⁽²⁾ ; Mi ⁽²⁾	Qz; Mi ⁽²⁾	Qz; Pg ⁽²⁾ ; Mi ⁽²⁾	Qz; Pg ⁽²⁾ ; Mi ⁽²⁾
11	NVdf	Bt	Qz	Hm; Mi ⁽²⁾ ; Ilm ⁽²⁾	-(³)	-	-	Qz; Mi ⁽²⁾	Qz; Gb	Qz; Mi ⁽²⁾	Qz; Mi ⁽²⁾	Qz; Mi ⁽²⁾
13	PVAe	Bt	Qz; Fd; Mi ⁽²⁾	Gt; Hm; Mi ⁽²⁾	-(³)	-	-	Qz; Fd; Mi ⁽²⁾	Qz; Fd; Mi ⁽²⁾	Qz; Fd; Mi	Qz; Fd; Mi ⁽²⁾	Qz; Fd; Mi

⁽¹⁾ AT -areia total; AP - areia pesada; APM - areia pesada magnética; APFM - areia pesada fracamente magnética; APNM - areia pesada não-magnética; AL - areia leve; AMG + AG - areia grossa + areia muito grossa; AM -areia média; AF -areia fina; AMF - areia muito fina. Análise qualitativa por DRX: Qz-quartzo; Fd-feldspato; Mi-mica; Hm-hematita; Mgn/Mgh - magnetita/maghemita; Gt-goethita; Ilm-ilmenita; Gb-gibbsita; Ct-caulinita; An-anatásio; MiCt-interestratificado mica caulinita; Pg-plagioclásio Ca/Na. ⁽²⁾ Quantidade traço do mineral com base na baixa intensidade das reflexões. ⁽³⁾ Amostras não analisadas em decorrência dos reduzidos teores de AP.

Quadro 3. Análise quantitativa da fração areia por densidade, magnetismo e tamanho de partícula⁽¹⁾

Amostra	Classe	Horiz.	AT		AP			AL					
			AP	AL	APM	APFM	APNM	AMG	AG	AMG + AG	AM	AF	AMF
g kg ⁻¹													
1	LVd	Bw	19,6	980,4	-(²)	-	-	8,2	130,4	138,6	285,1	400,3	163,8
2	LVd	Bw	25,4	974,6	-(²)	-	-	2,0	23,0	25,0	179,8	582,6	208,4
3	PVAe	Bt	13,5	986,5	-(²)	-	-	6,6	17,6	24,2	184,0	568,4	219,6
4	LVAd	Bw	20,2	979,8	-(²)	-	-	10,4	80,4	90,8	288,0	479,4	142,8
5	LVAd	Bw	35,4	964,6	-(²)	-	-	14,8	44,6	59,4	250,4	453,4	234,2
6	ACt	Bt	30,0	970,0	-(²)	-	-	14,6	81,4	96,0	431,4	311,6	160,4
7		C	20,5	979,5	-(²)	-	-	0,0	16,2	16,2	75,8	363,7	541,9
8	LVdf	Bw	459,6	540,4	664,1	118,5	217,4	27,4	39,4	66,8	154,8	580,5	198,2
9	NVef	Bt1	430,0	570,0	294,8	396,7	308,5	27,8	58,0	85,8	198,8	483,8	232,6
10		BC	416,2	583,8	410,1	203,8	386,1	28,4	50,4	78,8	220,8	531,0	174,0
11	NVdf	Bt	492,5	507,5	-(²)	-	-	5,4	12,2	17,6	102,8	689,4	193,0
12		C	487,6	512,4	-(²)	-	-	10,4	15,2	25,6	101,0	654,9	216,0
13	PVAe	Bt	25,0	975,0	-(²)	-	-	53,0	194,0	247,0	252,2	325,2	175,2
14		BC	25,4	974,6	-(²)	-	-	47,2	253,6	300,8	240,8	309,6	144,8

⁽¹⁾ AT -areia total; AP - areia pesada; AL - areia leve; APM - areia pesada magnética; APFM - areia pesada fracamente magnética; APNM - areia pesada não-magnética; AMG - areia muito grossa; AG - areia grossa; AM -areia média; AF -areia fina; AMF - areia muito fina. ⁽²⁾ Amostras não analisadas em decorrência dos reduzidos teores de AP.

0,89***; 0,95***; 0,99***; 0,96***, respectivamente) foram superiores e significativos a menor nível de probabilidade em relação ao Mg (r entre Mg-AT e Mg-AL, AMG + AG, AM, AF e AMF = 0,61*; 0,75**; 0,74**; 0,54* e 0,77**, respectivamente). Os coeficientes de correlação foram testados a 0,05, 0,01 e 0,001 de probabilidade pelo teste t .

De maneira geral, os teores totais de K e Mg foram baixos na fração areia dos solos mais intemperizados (Quadro 4), principalmente nos Latossolos originados de materiais de origem pobre em MPFN (Coberturas Terciárias e arenitos das Formações Adamantina e Marília). O predomínio de K em relação ao Mg na AT das amostras 3, 4, 5, 6, 7, 10, 13 e 14 (Quadro 4) foi atribuído à maior presença de minerais de menor densidade, fontes apenas de K, como muscovita e feldspato-K, na AL e em suas subdivisões. Este comportamento é evidente no Alissolo Crômico argilúvico (ACt) de Uberaba e no Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico

(PVAe) de Araguari graças à presença expressiva de feldspato-K (Quadros 2 e 4).

De maneira geral, os maiores teores de K total dentro da AL foram advindos das frações mais finas (AF e AMF) (Quadro 4) e, associados aos maiores teores destas subdivisões (Quadro 3), podem representar uma importante reserva de K, principalmente, para os solos mais jovens das Formações Uberaba e Serra Geral e do Grupo Araxá, em decorrência dos altos teores totais destes nutrientes (amostras 6, 7, 9, 10, 13 e 14) (Quadro 4). O intemperismo da mica e feldspato-K nas frações mais finas da areia (Quadro 2) é facilitado pela maior superfície específica das partículas (Unamba-Oparah, 1985).

Em virtude da maior concentração de Mg na biotita (Mg = 108 g kg⁻¹ e K = 87 g kg⁻¹, Jackson, 1979) e dos maiores teores deste nutriente em relação aos teores de K na AP dos solos (Quadro 4), a mica encontrada nesta fração (Quadro 2) deve ser de natureza trioctaedral. Segundo Melo et al. (2000),

Quadro 4. Teores totais de K e Mg da fração areia e de suas subdivisões⁽¹⁾

Amostra	Classe	Horizonte	AT	AP	APM	APFM	APNM	AL	AMG + AG	AM	AF	AMF
K												
mg kg ⁻¹												
1	LVd	Bw	80	300	-(2)	-	-	75	25	45	65	175
2	LVd	Bw	60	280	-(2)	-	-	65	45	40	50	90
3	PVAe	Bt	1.020	1.720	-(2)	-	-	1.120	890	480	1.000	1.730
4	LVAd	Bw	90	385	-(2)	-	-	90	55	60	80	100
5	LVAd	Bw	975	1.125	-(2)	-	-	1.135	410	695	1.340	1.310
6	ACt	Bt	13.560	3.000	-(2)	-	-	12.980	1.820	6.730	14.880	18.980
7		C	19.540	14.400	-(2)	-	-	19.000	9.860	9.070	19.640	21.240
8	LVdf	Bw	110	85	69	129	140	115	120	45	60	200
9	NVef	Bt1	2.520	820	731	989	1.048	3.210	3.890	2.980	3.105	6.770
10		BC	2.480	860	618	986	1.100	4.790	5.895	3.160	3.585	6.420
11	NVdf	Bt	160	115	-(2)	-	-	153	253	113	63	378
12		C	78	88	-(2)	-	-	75	253	68	38	195
13	PVAe	Bt	16.080	3.580	-(2)	-	-	17.220	10.940	13.840	17.420	30.400
14		BC	24.110	3.550	-(2)	-	-	19.810	20.260	19.730	21.510	29.630
Mg												
1	LVd	Bw	110	990	-(2)	-	-	70	40	50	60	100
2	LVd	Bw	220	2.095	-(2)	-	-	90	60	50	60	140
3	PVAe	Bt	170	4.240	-(2)	-	-	110	180	60	90	180
4	LVAd	Bw	60	1.740	-(2)	-	-	40	40	30	50	60
5	LVAd	Bw	250	7.990	-(2)	-	-	60	90	60	60	70
6	Act	Bt	570	5.740	-(2)	-	-	300	140	140	300	600
7		C	2.280	9.600	-(2)	-	-	2.420	600	720	2.600	1.300
8	LVdf	Bw	750	1.500	1.328	1.603	2.478	100	260	70	50	140
9	NVef	Bt1	4.690	4.815	2.527	4.725	6.166	1.140	1.590	1.150	920	1.570
10		BC	1.990	2.890	2.486	4.409	6.086	1.310	2.040	1.340	1.040	1.570
11	NVdf	Bt	1.650	4.450	-(2)	-	-	130	480	150	90	290
12		C	2.400	4.875	-(2)	-	-	80	270	120	70	170
13	PVAe	Bt	220	3.990	-(2)	-	-	150	80	70	130	380
14		BC	340	4.750	-(2)	-	-	130	80	360	130	70

⁽¹⁾ AT - areia total; AP - areia pesada; APM - areia pesada magnética; APFM - areia pesada fracamente magnética; APNM - areia pesada não-magnética; AL - areia leve; AMG + AG - areia grossa + areia muito grossa; AM - areia média; AF - areia fina; AMF - areia muito fina. ⁽²⁾ Amostras não analisadas em decorrência dos reduzidos teores de AP.

as partículas de biotita contidas na fração areia de solos altamente intemperizados apresentam-se alteradas e com teores de K e Mg inferiores aos apontados na literatura, calculados com base na composição química teórica dos minerais (Jackson, 1979; Fanning et al., 1989). Com a ação intensa do intemperismo, a biotita tende a aumentar seu espaço interplanar na direção (001), liberando, num primeiro momento, maior quantidade de K, aumentando ainda mais a diferença entre os teores de K e Mg no mineral (Quadro 4). As frações APFM e APNM representaram as principais fontes de K e Mg da AP dos solos originados de basalto (Quadro 4), concordando com a detecção de mica nestas frações por DRX (Quadro 2).

Os elevados teores totais de Mg nas subdivisões da AP também podem ser atribuídos à presença de magnetita/maghemita (Oliveira et al., 2002) e óxidos de Fe secundários (hematita e goethita). Tendo em vista a semelhança de raios iônicos entre Fe^{3+} e Mg^{2+} e a maior estabilidade destes íons na coordenação octaédrica, é possível a substituição isomórfica de Fe por Mg na estrutura destes óxidos.

Contribuição das diferentes classes de pesos e tamanhos da fração areia nos teores totais de K e Mg da AT e da AL

Considerando a análise quantitativa (por densidade e tamanho de partículas) da fração areia (Quadro 3) e os teores totais de K e Mg (Quadro 4), determinou-se a participação das diferentes classes de peso e tamanho da fração areia nos teores totais destes nutrientes na AT e na AL (Figuras 2 e 3).

A distribuição do K total da AT dos solos desenvolvidos das Coberturas Terciárias, do Grupo Bauru e do Grupo Araxá (amostras 1 a 7, 13 e 14) apresentou comportamento semelhante (Figura 2). A contribuição da AP no fornecimento do nutriente foi extremamente baixa, não superando 150 g kg^{-1} . Nos solos mais jovens (amostras 3, 6, 7, 13 e 14), essa

contribuição foi ainda menor (cerca de 20 g kg^{-1}). Da mesma forma observada para o K, a distribuição do Mg total da AT dependeu do material de origem; todavia, a contribuição da AP foi mais expressiva (Figura 2). Na fração areia dos solos originados de rochas básicas (amostras 8 a 12), a AP superou a AL, chegando a participar com quase 1.000 g kg^{-1} do Mg total. Os altos teores de AP (Quadro 3), a possibilidade de substituição isomórfica de Fe por Mg na estrutura dos óxidos de ferro e a presença de fragmentos de basalto e biotita na AP (identificados utilizando-se lupa e DRX) justificam esse comportamento.

De maneira geral, a AF foi a fração que mais contribuiu para os teores totais de K e Mg da AL, seguida pela AMF, AM e AMG+AG (Figura 3). A AMF apresentou os maiores teores totais dos nutrientes (Quadro 4); todavia, graças à sua baixa proporção na AL (Quadro 3), sua contribuição nos teores totais de K e Mg foi inferior a AF. O PVAe do Grupo Araxá (amostras 13 e 14) apresentou contribuição semelhante das diferentes frações no K total da AL (Figura 3). A fração AL desse solo apresentou uma distribuição homogênea de tamanhos de grãos (Quadro 3) e de teores totais de K nas subdivisões (Quadro 4), evidenciando a liberação mais uniforme do nutriente ao longo dos tempos para as plantas (reservas de curto, médio e longo prazo).

Liberação de formas não-trocáveis de K e Mg da fração areia e suas subdivisões

A liberação de K e Mg pelo HNO_3 1 mol L^{-1} mostrou-se fortemente relacionada com os teores totais dos nutrientes para algumas frações da areia (alta correlação entre K total e K- HNO_3 das frações AM e AF, $r = 0,87^{***}$ e $r = 0,75^{**}$, respectivamente, e entre Mg total e Mg- HNO_3 das frações AL, AM, AF e AMF, $r = 0,90^{**}$; $r = 0,96^{***}$; $r = 0,99^{***}$ e $r = 0,98^{***}$, respectivamente). A liberação de K e Mg não-trocáveis da AT dos solos jovens desenvolvidos de arenito da Formação Uberaba (amostras 6 e 7),

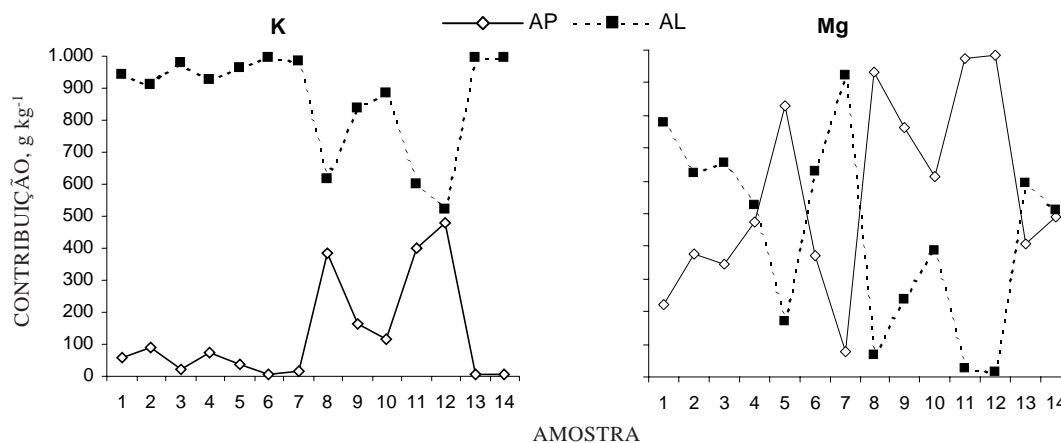


Figura 2. Contribuição das frações areia pesada (AP) e areia leve (AL) nos teores totais de K e Mg da areia total (AT).

basalto (amostras 9 e 10) e migmatito/micaxisto (amostras 12 e 13) (Quadro 5) durante cultivos, provavelmente, seria suficiente para manter um bom suprimento destes nutrientes para as plantas.

Considerando as subdivisões da AL, as maiores liberações de K e Mg não-trocáveis ocorreram na AMF, principalmente para as amostras com maiores teores extraídos pelo HNO_3 1 mol L^{-1} , exceção para as amostras 7 (K e Mg) e 14 (K) (Quadro 5). Sabe-se que a liberação de nutrientes não-trocáveis e estruturais para a solução do solo depende da menor ou maior facilidade de alteração dos minerais, tamanho das partículas e condições ambientais (Scott, 1968; Tributh et al., 1987).

A relação entre os teores de K e Mg extraídos com HNO_3 1 mol L^{-1} e os teores de K e Mg totais das diferentes frações da areia foi bastante variável entre os solos estudados (Figuras 4 e 5), com valores oscilando entre 2,0 e 208,5 e entre 4,5 e 519,6 (relação $\times 10^3$), respectivamente. Para utilização por um

longo período de tempo das reservas de K e Mg pelas plantas, é desejável a presença de MPFN na fração areia (Quadro 2), altos teores totais de nutrientes (Quadro 4) e liberação contínua e em quantidade adequada (sem desperdícios) de formas não-trocáveis (HNO_3 1 mol L^{-1}) para manter bom estado nutricional das plantas, o que resulta numa racionalização da utilização da reserva de K e Mg, indicada pela relação $\text{K-HNO}_3/\text{K total}$ (Figuras 4 e 5).

Dentro do Grupo Bauru, a Formação Uberaba (amostras 5, 6 e 7) originou solos com reserva elevada de K (Quadro 4), graças à abundância de mica e feldspato em todas as subdivisões da fração areia (Quadro 2), o que permitiu uma grande liberação de formas não-trocáveis do nutriente, especialmente nos solos mais jovens (Quadro 5, amostras 6 e 7), sem um esgotamento imediato das reservas da fração areia (menor relação $\text{K-HNO}_3/\text{K total}$) (Figura 4). O N^{vef} do município de Indianópolis (amostras 9 e 10) e o PVAe de Araguari (amostras 13

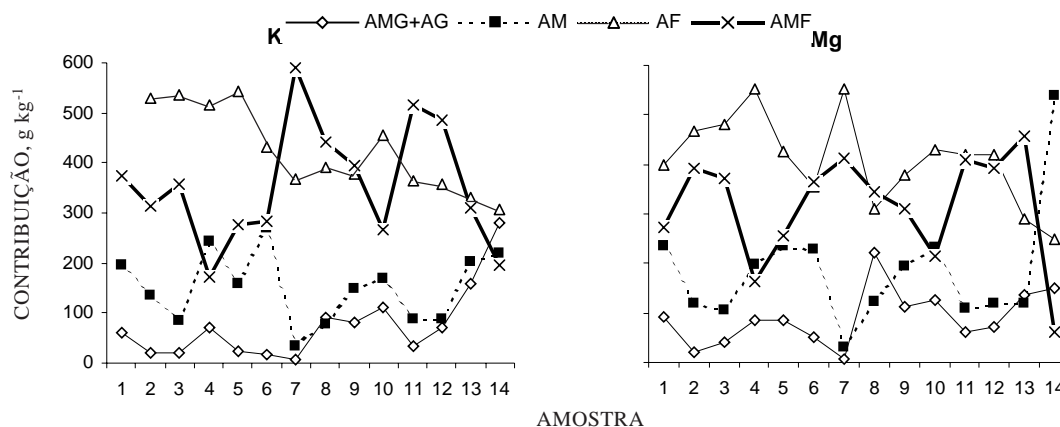


Figura 3. Contribuição das diferentes classes de tamanho da fração areia (AMG-areia muito grossa, AG-areia grossa, AM- areia média, AF-areia fina e AMF-areia muito fina) nos teores totais de K e Mg da areia leve (AL).

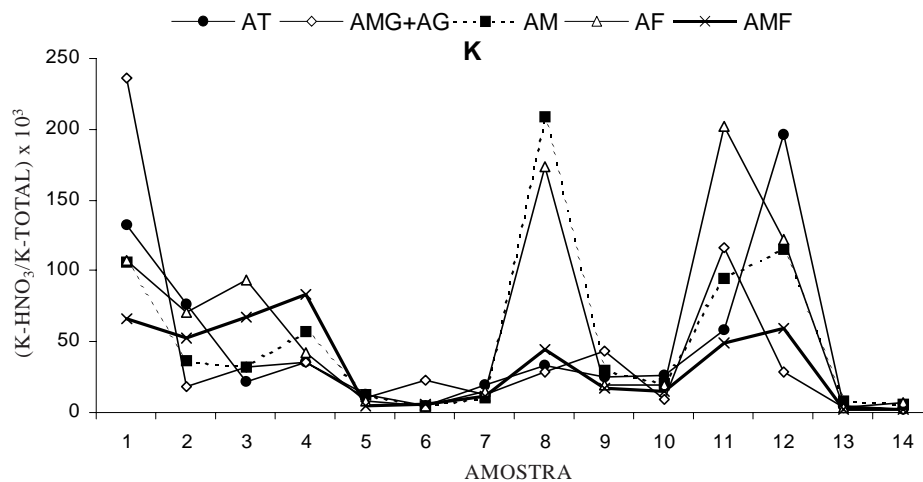


Figura 4. Relação entre K extraído pelo HNO_3 1 mol L^{-1} (K não-trocável) e pelos ácidos: fluorídrico, nítrico e sulfúrico (HF) (K total) na areia total (AT) e nas subdivisões da areia leve (AMG + AG-areia muito grossa + areia grossa, AM-areia média, AF-areia fina e AMF-areia muito fina).

e 14) apresentaram comportamento semelhante ao do ACt da Formação Uberaba (amostras 6 e 7) (Quadros 2, 4 e 5 e Figura 4), graças, possivelmente, ao pouco desenvolvimento e à riqueza do material de origem desses solos em MPFN (basalto e migmatito/micaxisto). Os demais solos da Formação Serra Geral (amostras 8, 11 e 12) apresentaram reserva muito limitada de K (Quadro 4) e liberação mais facilitada desta reserva (maior relação K não-trocável/K Total) (Quadro 5 e Figura 4).

A reserva de Mg na fração areia apresentou comportamento bem distinto do K (Figura 5). Para a fração areia do LVd das Coberturas Terciárias e dos Latossolos dos Grupos Bauru e São Bento

(amostras 1, 2, 4, 5 e 8), mesmo apresentando uma baixa reserva de Mg (Quadro 4), provavelmente os minerais fontes do nutriente são mais estáveis, resistindo à extração com HNO_3 1 mol L^{-1} (Figura 5). A maior possibilidade de ocorrência de Mg estrutural nos óxidos de Fe primários (magnetita) (Oliveira et al., 2002) e secundários (hematita e goethita) (Melo et al., 2002b) dificulta a extração nítrica.

Os solos jovens do Grupo Bauru e Araxá (Figura 5 amostras 3, 6, 7, 13 e 14) apresentaram alta reserva de Mg e maior relação entre Mg não-trocável/Mg total, indicando bom suprimento de Mg para as plantas durante os cultivos, a partir de formas inicialmente não-trocáveis (HNO_3) do nutriente.

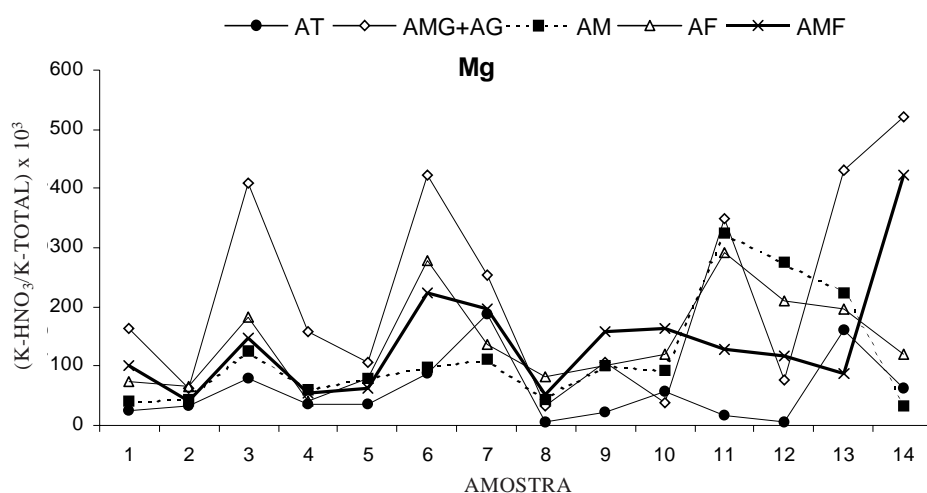


Figura 5. Relação entre Mg extraído pelo HNO_3 1 mol L^{-1} (K não-trocável) e pelos ácidos: fluorídrico, nítrico e sulfúrico (HF) (K total) na areia total (AT) e nas subdivisões da areia leve (AMG + AG-areia muito grossa + areia grossa, AM-areia média, AF-areia fina e AMF-areia muito fina).

Quadro 5. Teores de K e Mg extraídos com HNO_3 1 mol L^{-1} fervente da fração areia e de suas subdivisões⁽¹⁾

Amostra	Classe	Horiz.	K						Mg					
			AT	AL	AMG + AG	AM	AF	AMF	AT	AL	AMG + AG	AM	AF	AMF
—mg kg^{-1} —														
1	LVd	Bw	12,0	5,7	8,2	5,8	8,0	12,2	2,7	5,7	6,6	2,1	4,5	10,2
2	LVd	Bw	5,4	7,9	1,0	1,8	4,3	5,2	7,2	3,6	3,8	2,1	3,9	5,7
3	PVAe	Bt	22,0	25,5	28,9	15,8	95,5	118,4	13,4	19,4	73,6	7,5	16,4	26,7
4	LVAd	Bw	3,6	2,1	2,3	4,0	3,8	8,3	2,1	2,1	6,3	1,8	2,1	2,7
5	LVAd	Bw	12,6	14,7	4,4	9,3	10,2	6,4	9,0	4,2	9,5	4,8	4,8	4,5
6	Act	Bt	61,9	65,0	41,3	28,8	66,2	118,2	49,7	139,2	59,2	13,6	83,4	133,5
7		C	388,7	578,9	121,8	93,8	289,4	249,4	428,1	857,1	152,4	80,1	352,9	255,7
8	LVdf	Bw	3,6	10,0	3,4	9,4	10,4	8,9	3,3	4,5	8,0	2,7	3,3	6,9
9	NVef	Bt1	63,9	90,5	171,3	87,5	61,0	114,9	98,0	137,0	167,1	115,5	93,7	247,7
10		BC	64,6	78,6	50,9	64,6	68,0	98,4	113,7	129,0	79,7	124,9	123,9	255,7
11	NVdf	Bt	9,3	11,4	31,3	12,1	15,7	19,3	28,3	38,0	163,7	45,6	23,4	35,6
12		C	18,2	9,8	7,5	9,5	6,4	12,8	12,7	22,1	20,1	30,3	12,6	20,1
13	PVAe	Bt	67,2	38,2	38,6	112,0	58,0	69,0	35,6	17,7	34,4	15,6	25,4	33,6
14		BC	51,5	28,3	45,1	118,5	147,7	58,1	21,5	7,7	41,6	11,7	15,7	29,6

⁽¹⁾ AT-areia total; AL-areia leve; AM- areia média; AF-areia fina; AMF- areia muito fina; AMG + AG- areia grossa + areia muito grossa.

CONCLUSÕES

1. A fração areia dos solos é composta basicamente por quartzo, com predomínio de minerais leves e de menor tamanho (areia leve fina - AF e areia leve muito fina - AMF). Para os solos jovens desenvolvidos de basalto, arenito da Formação Uberaba e granito/micaxisto do Grupo Araxá, em virtude da maior presença de minerais primários fontes de nutrientes (MPFN) na fração areia, obtiveram-se altos teores totais de K e Mg, sobretudo nas frações AF e AMF. Nas frações mais finas da areia, estes mesmos solos apresentaram elevada liberação de formas não-trocáveis de K e Mg (extração com HNO_3 1 mol L^{-1} fervente).

2. Os solos desenvolvidos de arenitos das Formações Adamantina e Marília, rochas de maior ocorrência na região, apresentaram quantidades traços de MPFN na fração areia, baixos teores totais e não-trocáveis de K e Mg e reduzida relação entre K não-trocável/K total e Mg não-trocável/Mg total, indicando reserva muito limitada destes nutrientes para as plantas.

3. Os teores absolutos e a relação teores não-trocáveis (HNO_3 1 mol L^{-1} fervente)/teores totais (HF) de K e Mg foram eficientes para diferenciar os solos quanto à magnitude e potencial de liberação e de esgotamento da reserva destes nutrientes para as plantas.

LITERATURA CITADA

- BESOAIN, E. Mineralogia de arcillas de suelos. San José: Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura, 1985. 1205p.
- CHRISTENSON, D.R. & DOLL, E.C. Release of magnesium from soil clay and silt fractions during cropping. *Soil Sci.*, 116:56-63, 1973.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- FANNING, D.S.; KERAMIDAS, V.Z. & EL-DESORKY, M.A. Micas. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. Minerals in soil environments, 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1989. p.551-634.
- FRAZÃO, D.A.C. Minerais secundários em solos brasileiros. Campinas, Fundação CARGILL, 1984. 37p.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis - advanced course. Madison, Prentice-Hall, 1979. 895p.
- KNUDSEN, D.; PETERSON, G.A. & PRATT, P.F. Lithium, sodium, and potassium. In: PAGE, A.L., ed. Methods of soil analysis. Parte 2: Chemical and microbiological properties. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.225- 246.
- LEE, S.Y.; JACKSON, M.L. & BROWN, J.L. Micaceous occlusions in kaolinite observed by ultramicrotomy and high resolution electron microscopy. *Clays Clay Miner.*, 23:125-129, 1975.
- LIM, C.H. & JACKSON, M.L. Dissolution for total elemental analysis. In: PAGE, A.L., ed. Methods of soil analysis. Parte 2: Chemical and microbiological properties. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.1-12.
- MELO, V.F.; COSTA, L.M.; BARROS, N.F.; FONTES, M.P.F. & NOVAIS, R.F. Reserva mineral e caracterização mineralógica de alguns solos do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:159-164, 1995.
- MELO, V.F.; NOVAIS, R.F.; FONTES, M.P.F. & SCHAEFER, C.E.G.R. Potássio e magnésio em minerais das frações areia e silte de diferentes solos. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:269-284, 2000.
- MELO, V.F.; FONTES, M.P.F.; NOVAIS, R.F.; SINGH, B. & SCHAEFER, C.E.G.R. Características dos óxidos de ferro e alumínio de diferentes classes de solos. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:19-32, 2001a.
- MELO, V.F.; SINGH, B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAIS, R.F. & FONTES, M.P.F. Chemical and mineralogical properties of kaolinite-rich Brazilian soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:1324-1333, 2001b.
- MELO, V.F.; NOVAIS, R.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FONTES, M.P.F. & SINGH, B. Mineralogia das frações areia, silte e argila de sedimentos do Grupo Barreiras no município de Aracruz, estado do Espírito Santo. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:29-41, 2002a.
- MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAIS, R.F.; SINGH, B. & FONTES, M.P.F. Potassium and magnesium in clay minerals of some Brazilian soils indicated by a sequential extraction procedure. *Comm. Soil Sci. Plant. Anal.*, 33:203-225, 2002b.
- MELO, V.F.; CORRÊA, G.F.; MASCHIO, P.A.; RIBEIRO, A.N. & LIMA, V.C. Importância das espécies minerais no potássio total da fração argila de solos do Triângulo Mineiro. *R. Bras. Ci. Solo.*, 27:807-819, 2003.
- MOURA FILHO, W. Studies of a Latosol Roxo (Eustrustox) in Brazil: clay mineralogy, micromorphology effect on ion release and phosphate reactions. Raleigh, North Carolina State University, 1970. 57p. (Tese de Doutorado)
- NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região Sul do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:37-42, 1991.
- OLIVEIRA, M.T.G.; FORMOSO, M.L.L.; COSTA Jr., M.I. & MEUNIER, A. The titanomagnetite to titanomaghemite conversion in a weathered basalt profile from southern Paraná basin, Brazil. *Clays Clay Miner.*, 50:478-493, 2002.
- RADAMBRASIL, PROJETO. Levantamento de recursos naturais. Folha SE 22 Goiânia. Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral, Programa de Integração Regional. Rio de Janeiro, 1983. v.3.
- REBERTUS, R.A.; WEED, S.B. & BUOL, S.W. Transformations of biotite to kaolinite during saprolite-soil weathering. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:810-819, 1986.
- RICE, H.B. & KAMPRATH, E.J. Availability of exchangeable and nonexchangeable Mg in sandy Coastal Plain soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32:386-388, 1968.

- SADUSKY, M.L.; SPARKS, D.L.; NOLL, H.R. & HEDRICK, G.J. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy middle atlantic coastal plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:1460-1465, 1987.
- SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. Iron oxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. *Minerals in soil environments*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1989. p.380-427.
- SCOTT, A.D. Effect of particle size on interlayer potassium exchange in micas. In: INTERNATIONAL CONGRESS SOIL SCIENCE, 9., Adelaide, 1968. *Transactions*. Adelaide, International Society of Soil Science, 1968. p.649-660.
- SONG, S.K & HUANG, P.M. Dynamics of potassium release from potassium-bearing minerals as influenced by oxalic and citric acids. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:383-390, 1988.
- TRIBUTH, H.; BOGULAWSKI, E.V.; LIERES, A.V.; STEFFENS, D. & MENGEL, K. Effect of potassium removal by crop on transformation of illitic clay minerals. *Soil Sci.*, 143:404-409, 1987.
- UNAMBA-OPARAH. The potassium status of the sandy soils of Northern Imo State, Nigeria. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 5:437-445, 1985.

