

SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM-MATERIAL DE ORIGEM E GÊNESE DE ALGUNS SOLOS NO DOMÍNIO DO “MAR DE MORROS”, MINAS GERAIS⁽¹⁾

W. A. G. A. NUNES⁽²⁾, J. C. KER⁽³⁾, C. E. G. R. SCHAEFER⁽³⁾,
E. I. FERNANDES FILHO⁽³⁾ & F. H. GOMES⁽⁴⁾

RESUMO

Pouco se conhece sobre os solos desenvolvidos ou influenciados por materiais máficos na Zona da Mata de Minas Gerais, embora muitos estudos tenham sido efetuados nos domínios cristalinos gnáissicos, notadamente com Latossolos e Podzólicos de terraço. Para preencher esta lacuna, foram amostrados os horizontes A e B ou A e C de solos em duas toplotosseqüências. A primeira, localizada na Serra de Guiricema, com drenagem orientada para a bacia do Rio Paraíba do Sul, compreendeu um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) no topo da serra, um Chernossolo Argilúvico (MT), um Vertissolo (V) e um Nitossolo Vermelho (NV) no terço médio. Da segunda toplotosseqüência, localizada na Depressão de Ponte Nova, com drenagem para a bacia do Rio Doce, fizeram parte um Latossolo Vermelho-Amarelo, dois Nitossolos Vermelhos, um Chernossolo Argilúvico, um Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), um Gleissolo (GX) e um Neossolo Flúvico (RU). Adicionalmente, foi coletado, no Planalto de Viçosa, o horizonte B de um Latossolo Vermelho-Amarelo sobre intrusão de anfibólito, fora das duas toplotosseqüências já citadas, para efeito de comparação. Os solos desenvolvidos a partir dos anfibólitos/diabásio (NV, MT e V) tenderam a ser eutróficos e caulínicos, com a participação de argilominerais 2:1 (ilita e esmectita, possivelmente como interestratificados), quando menos intemperizados. A baixa relação Feo/Fed nos Latossolos estudados indica o predomínio de formas de ferro de maior grau de cristalinidade, sendo mais elevada no caso dos Nitossolos, em consonância com o menor grau de evolução destes. O Latossolo coletado sobre dique de material máfico apresentou características químicas similares às dos Latossolos desenvolvidos de gnaiss da região, indicando tratar-se de solo proveniente desta rocha, cobrindo o dique como material retrabalhado. A biotita e o anfibólito presentes no gnaiss são os minerais que contribuem para os teores de Fe₂O₃ acima de 11 dag kg⁻¹, nos Latossolos da região estudada. Os solos com argila de atividade alta (V e MT) têm a gênese e a estabilidade da esmectita e, possivelmente, do interestratificado ilita-esmectita, explicadas pela riqueza do material de origem em minerais

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Recebido para publicação em outubro de 1999 e aprovado em novembro de 2000.

⁽²⁾ Doutorando em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). E-mail: walder@solos.ufv.br

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos da UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG).

⁽⁴⁾ Estudante do curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa - colaborador de Iniciação Científica (FAPEMIG).

ferromagnesianos, pelo relevo que propicia ambiente concentrador e, em certos casos, pela exposição norte do perfil, favorecendo maior evapotranspiração. No caso do Gleissolo, tanto o ambiente concentrador como a drenagem deficiente parecem ser as causas principais da ocorrência de argilominerais 2:1 expansivos. O Argissolo Vermelho-Amarelo, ainda que também ocorra em ambiente concentrador de terraço, não apresentou argilominerais 2:1, destacando-se, entretanto, os altos teores de Fe_2O_3 destes solos, o que confirma os resultados obtidos por outros autores para solos semelhantes na região de Viçosa.

Termos de indexação: rochas cristalinas, rochas máficas, mineralogia de argila, solos tropicais, Latossolos, caracterização química.

SUMMARY: SOIL-LANDSCAPE-PARENT MATERIAL RELATIONSHIP AND PEDOGENESIS OF SOME "MAR DE MORROS" SOILS

Little is known about the effect of mafic parent materials on soil genesis in the humid "Zona da Mata", Minas Gerais, although there are many detailed studies on soils developed from felsic to mesocratic gneiss, notably Latosols and terrace Podzolic soils. To fill this gap, soils in two topolitosequences, comprising A and B or A and C horizons, were sampled and studied. In the first topolitosequence, at Serra de Guiricema, a Red-Yellow Latosol on the top, a Argilluvic Chernosol, a Vertisol and a Red Nitosol on the mid-slope, were studied. In the second topolitosequence, at Ponte Nova Depression, on the Rio Doce Valley, a Red-Yellow Latosol, two Reddish Nitosols, an Argilluvic Chernosol, a Red-Yellow Argisol, a Gleisol and a Fluviic Neosol were studied. In addition, a Bw horizon of a Red-Yellow Latosol associated with amphibolite intrusion, unrelated to the two topolitosequences above, was studied as contrast. The results indicated that soils developed from mafic rocks tend to be eutrophic and kaolinitic, with some participation of 2:1 clays, such as illite, smectite and smectite/illite interstratified, when less weathered. The lower Feo/Fed ratio in the Latosols indicates the dominance of well-crystalline Fe-oxides. In the Reddish Nitosols, however, the Feo/Fed ratio was constrained by the preferential attack on illite and maghemite in the oxalate extraction, compared with DCB extraction. The Latosol sampled on mafic intrusion showed chemical characteristics similar to those developed on gneiss, suggesting a presence of overlaying reworked material. The biotite and amphiboles present in the gneiss are the main source of Fe, contributing to Fe_2O_3 levels higher than 11 dag kg^{-1} in the regional Latosols. Soils with high activity clays have their genesis and 2:1 mineral stability attributed to ferromagnesian richness in the parent material, concentrating pedoenvironment and, in some cases, to the northern slope exposure, favoring high evapotranspiration. In the Gleisol, the local relief and ill drainage seem to be the main causes of the 2:1 expansive clays occurrence. The Red-Yellow Argisol, though located in flat terraces, lack 2:1 clays, even with high Fe_2O_3 contents, confirming results obtained by other studies in the same region.

Index terms: crystalline rocks, mafic rocks, clay mineralogy, tropical soils, Latosols, chemical characterization.

INTRODUÇÃO

A região de Viçosa (MG) encontra-se no domínio da unidade geomorfológica dos Planaltos Cristalinos Rebaixados, os Mares de Morros (Ab'Saber, 1970), cuja principal característica é o relevo forte ondulado e montanhoso, com morros em meia-laranja, resultantes da dissecação fluvial. Nessa unidade, destacam-se as bacias dos rios Paraíba do Sul e Doce, que se assentam sobre o embasamento cristalino de rochas gnáissicas, não raro com alto grau de

migmatização (Moreira & Camelier, 1977; Corrêa, 1984; Silva et al., 1991). Predominam nestas áreas Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, que parecem refletir a natureza do gnaiss meso e leucocrático (Rezende, 1980; Brasil, 1983; Corrêa, 1984; Carvalho Filho, 1989; Fernandes, 1996). Compõem a paisagem, ainda que em pequena proporção, terraços e planícies aluviais, onde ocorrem Argissolos Vermelho-Amarelos e Gleissolos, e Neossolos Flúvicos, respectivamente (Costa, 1973; Naime, 1988; Nunes, 1999).

No planalto dissecado, destacam-se áreas com solos bem diferenciados em relação àqueles Latossolos Vermelho-Amarelos dos morros em meia-laranja: a Serra de São Geraldo (entre Coimbra e São Geraldo), a Serra de Guiricema (entre Guiricema e Mirai) e a Depressão de Ponte Nova (Figura 1). Esses solos encontram-se relacionados com rochas máficas (anfíbolitos/diabásio), que ocorrem na forma de diques intrusivos, freqüentes na região, e mais expostos nas três áreas supramencionadas, em virtude da forte dissecação a que elas foram submetidas.

Embora os solos desenvolvidos sobre o gnaisse, sobretudo os Latossolos Vermelho-Amarelos, e mesmo os de terraço tenham sido motivo de vários estudos (Costa, 1973; Corrêa, 1984; Naime, 1988; Carvalho Filho, 1989; Fernandes, 1996), os solos relacionados com diques de rochas máficas ou com corpos gnáissicos mais básicos são, ainda, pouco estudados na região.

Assim, foi objetivo deste trabalho caracterizar química, física e mineralogicamente solos com Bw, Bt, Bn, Cv e mesmo Neossolos Flúvicos e Gleissolos de duas toplotosseqüências no domínio dos Mares de Morros na região de Viçosa (MG), estabelecendo relações entre características químicas, físicas e mineralógicas com variações do material de origem e relações solo-paisagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram amostrados os horizontes A e B ou A e C de solos em duas toplotosseqüências localizadas no domínio do “Mar de Morros”, nas proximidades de Viçosa (MG) (Figura 1).

A primeira (Figura 2a), localizada na Serra de Guiricema, entre as altitudes de 375 e 675 m, com

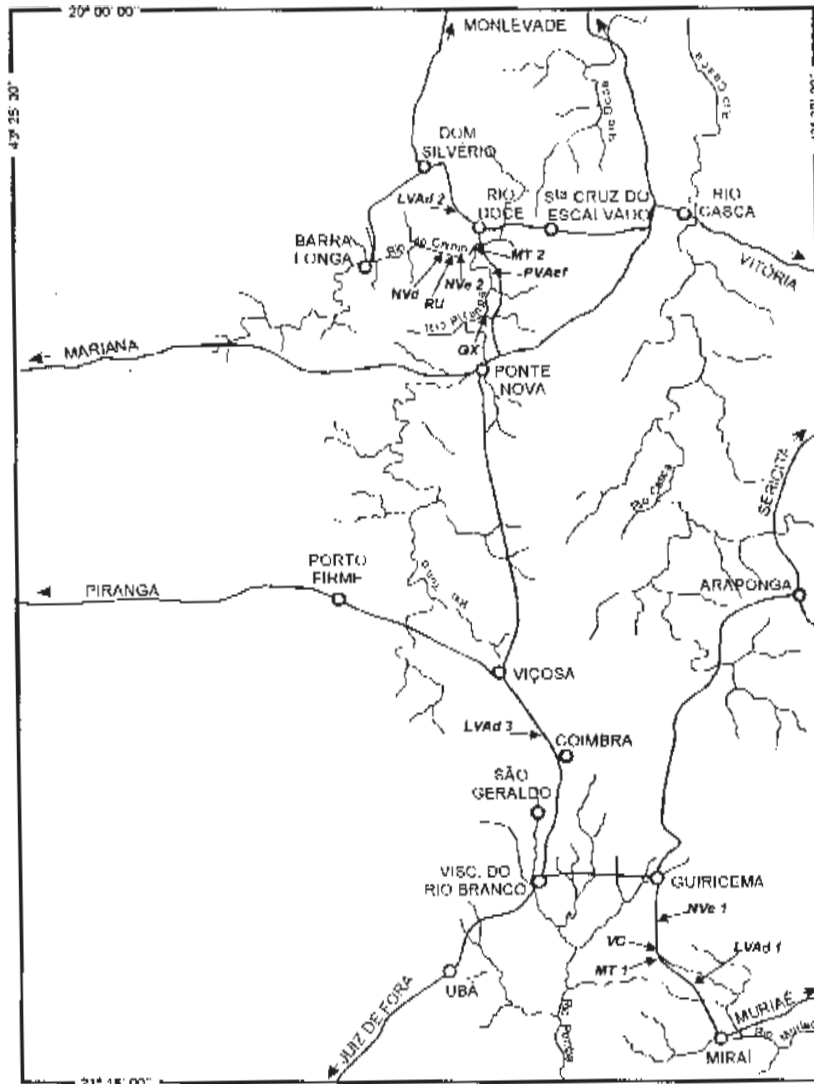


Figura 1. Localização aproximada dos perfis estudados.

drenagem orientada para a bacia do Rio Paraíba do Sul (Figura 1), compreendeu um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd 1) no topo da serra, um Chernossolo Argilúvico Órtico (MT 1), um Vertissolo (VC) e um Nitossolo Vermelho (NVe 1). Os solos dessa toplotosseqüência desenvolveram-se sobre anfibólitos, com exceção do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd 1), originado a partir de material de retrabalhamento de gnaisses, que se encontra em terço superior de encosta, sob relevo ondulado/forte ondulado coberto por floresta subcaducifólia. O Chernossolo Argilúvico Órtico (MT 1) e o Vertissolo (VC) situam-se em ravinas fechadas e estreitas que se encontram no terço médio de encostas, em região de relevo montanhoso, o que imprime condições locais que indicam tendência ao xeromorfismo. O Nitossolo Vermelho (NVe 1), na porção inferior dessa toplotosseqüência, encontra-se próximo a um topo de colina, sob relevo local ondulado.

Da segunda toplotosseqüência (Figura 2b), localizada na Depressão de Ponte Nova, entre as altitudes de 320 e 690 m, com drenagem para a bacia do Rio Doce, fizeram parte um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd 2), dois Nitossolos Vermelhos (NVd e NVe 2), um Chernossolo Argilúvico Órtico (MT 2), um Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAef), um Gleissolo (GX) e um Neossolo Flúvico (RU). Adicionalmente, foi coletado o horizonte B de um Latossolo Vermelho-Amarelo sobre intrusão de anfibólito, fora dessas toplotosseqüências, para efeito de comparação, no Planalto de Viçosa, entre Viçosa e Coimbra. Todos esses solos encontram-se listados e localizados no quadro 1 e na figura 1.

O Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd 2), desenvolvido sobre material de retrabalhamento de gnaisses mesocráticos, ocupa um amplo topo de elevação. Os Nitossolos Vermelhos (NVd e NVe 2) e o Chernossolo Argilúvico órtico (MT 2) desenvolveram-se

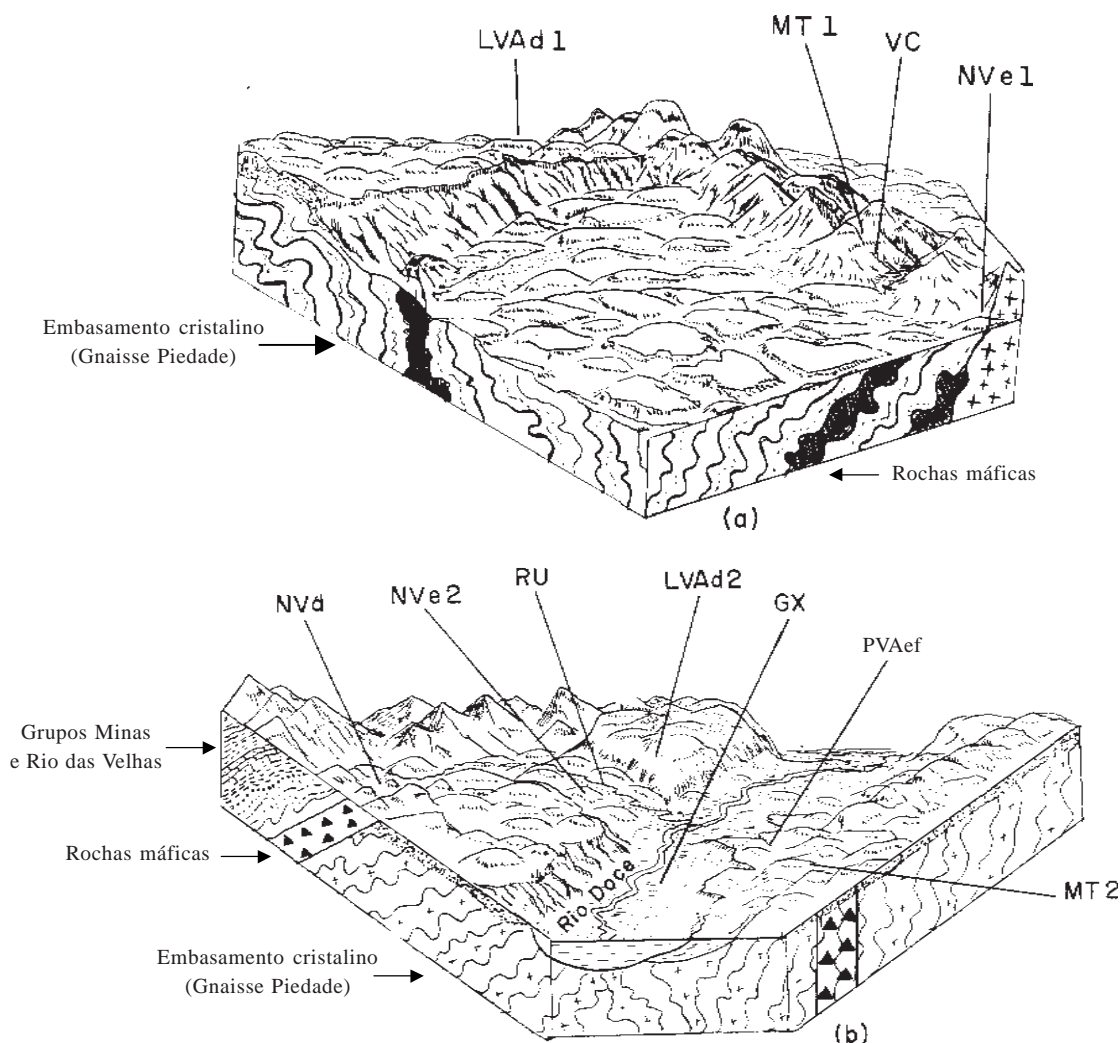


Figura 2. Blocos diagramas representando as duas toplotosseqüências estudadas. (a) Topolitosseqüência da Serra de Guiricema; (b) Topolitosseqüência da Depressão de Ponte Nova.

Quadro 1. Identificação e classificação dos solos estudados

	Classificação		Material de origem	Localização	Altitude	
	Atual (EMBRAPA, 1999)	Antiga (EMBRAPA, 1998)				
					m	
Topolitossequência 1	LVAd 1	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (mesoférrico)	Latossolo Una	Gnaise com influência de material retrabalhado	Guiricema (entre Guiricema e Mirai)	675
	MT 1	Chernossolo Argilúvico órtico	Brunizém Avermelhado	Anfibolito	Serra de Guiricema (entre Guiricema e Mirai)	435
	VC	Vertissolo Cromado órtico	Vertissolo	Anfibolito	Serra de Guiricema (entre Guiricema e Mirai)	375
	NVe 1	Nitossolo Vermelho Eutrófico	Terra Roxa Estruturada	Anfibolito	Serra de Guiricema (entre Guiricema e Mirai)	378
Topolitossequência 2	LVAd 2	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (mesoférrico)	Latossolo Una	Gnaise com influência de material retrabalhado	Rio Doce (entre Rio Doce e S ^{ta} Cruz do Escalvado)	690
	NVe 2	Nitossolo Vermelho Eutrófico	Terra Roxa Estruturada	Anfibolito	Rio Doce (margem Rio do Carmo, lado oposto da sede da Faz. Porto Alegre)	335
	MT 2	Chernossolo Argilúvico órtico	Brunizém Avermelhado	Anfibolito	Rio Doce (margem do Rio Doce)	325
	NVd	Nitossolo Vermelho Distrófico	Terra Roxa Estruturada	Anfibolito	Rio Doce (margem direita do Rio do Carmo, junto à foz do Rio Buieié)	340
	PVAef	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutroférrico	Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico	Sedimentos argilosos	Rio Doce, em planície fluvial/terraço (entre Ponte Nova e Rio Doce)	340
	GX	Gleissolo Háplico Ta Eutrófico	Glei Pouco Húmico	Sedimentos do Quaternário	Ponte Nova (margem esquerda do rio Piranga, entre Ponte Nova e a Ilha da Garça)	375
	RU	Neossolo Flúvico	Aluvial	Sedimentos do Quaternário	Várzea do Rio Buieié, a 200 m do encontro Rio do Carmo	342
Amostra extra	LVAd 3	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (mesoférrico)	Latossolo Una	Rocha máfica (diabásio) com influência de material retrabalhado	Coimbra (entre Viçosa e Coimbra)	725

sobre anfibolitos e estão localizados em terço inferior de encosta. O Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAef), o Gleissolo (GX) e o Neossolo Flúvico (RU) desenvolveram-se sobre sedimentos fluviais; o PVAef e o GX às margens do Rio Doce, localizados em terraço amplo e no leito maior, respectivamente, e o RU em várzea próxima à foz do Rio Buieié.

A vegetação original na região em que se situa a topolitossequência 2 era a floresta subcaducifólia, que foi intensivamente retirada para o estabelecimento da cultura de cana-de-açúcar ou de pastagens.

O Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd 3), incluído como amostra extra, está localizado no Planalto de Viçosa, entre as duas topolitossequências estudadas, num topo de elevação.

O clima da região é descrito como Cwa (úmido, com verões amenos) nas partes mais elevadas, com precipitações e temperaturas médias anuais entre 1.100 e 1.400 mm e 19,5 e 21,8°C; nas partes mais baixas a precipitação é da mesma ordem de grandeza, com tendência de temperaturas mais elevadas (entre 21,4 e 24,7°C).

As amostras, após secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura, foram submetidas às seguintes determinações (EMBRAPA, 1997):

Textura: a análise textural foi feita a partir da dispersão de 10 g de TFSA com 50 ml de NaOH 0,1 mol L⁻¹, por 12 h, e agitação em alta rotação, por 15 min. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamisação em peneiras com malhas de 0,2 mm e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta, a fração silte, por diferença, e a argila dispersa em água foi determinada pelo método da pipeta.

Caracterização química: as análises químicas de rotina incluíram a determinação de pH em água e KCl 1 mol L⁻¹, ambos na relação solo:solução de 1:2,5 cálcio, magnésio e alumínio trocáveis (extração em KCl 1 mol L⁻¹), sendo os dois primeiros dosados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) e o Al por titulação; potássio (extração com HCl 0,05 mol L⁻¹ e leitura por fotometria de chama) e acidez extraível (H + Al), extraída com solução tamponada de acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ a pH 7,0 e determinada por titulação; fósforo (extraído com HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹ e leitura por fotocolorimetria). O carbono orgânico foi determinado de acordo com Kononova et al. (1966).

Procedeu-se ao ataque da TFSA com H₂SO₄ 1:1 (ataque sulfúrico), aquecendo-se até à fervura, sob refluxo, com posterior resfriamento, diluição e filtração. No resíduo, determinou-se o SiO₂ por fotocolorimetria e, no filtrado, o Fe₂O₃ e o Al₂O₃ por espectrofotometria de absorção atômica, o TiO₂ e o P₂O₅ por fotocolorimetria, e o K₂O por fotometria de chama. Realizou-se também o ataque ácido total, em que amostras de 0,5 g de TFSA foram submetidas à dissolução por HF, HCl, HClO e HNO₃ com aquecimento a 150°C em beakers de teflon, e os teores dos elementos Cu, Ni, Zn, Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

Caracterização mineralógica da fração argila: realizada por difratometria de raios-X (Fe K α) em amostras desferrificadas, sempre que necessário, procedendo-se aos tratamentos com potássio e aquecimento (100, 300 e 550°C) e com magnésio e etileno glicol. Analisaram-se os óxidos de ferro por difratometria de raios-X (Fe K α) após tratamento da argila com NaOH 5 mol L⁻¹ (Kämpf & Schwertmann, 1982), e quimicamente pelas extrações seletivas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (cinco extrações sucessivas), segundo Mehra & Jackson (1960) e com oxalato ácido de amônio 0,2 mol L⁻¹, pH 3,0, no escuro (uma extração), conforme método apresentado por McKeague & Day (1966). Procedeu-se à semiquantificação, por alocação (Resende et al., 1987; Moura Filho et al., 1995), bem como pela Análise Termodiferencial (ATD), de alguns constituintes mineralógicos da fração argila dos horizontes B dos Latossolos estudados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A existência de solos argilosos e muito argilosos (Latosolos e Nitossolos) confirma a potencialidade do material de origem, gnaisses finos e anfibólitos, respectivamente (Silva et al., 1991) em fornecer quantidades substanciais de argila como produto do intemperismo (Quadro 2). Os menores teores de argila verificados para os Chernossolos Argilúvicos (MT 1 e MT 2) e o Vertissolo (V) mostram menor intemperização, uma vez que o material de origem é praticamente o mesmo dos Nitossolos Vermelhos. A textura do Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAef) é também argilosa, com gradiente textural pouco expressivo, refletindo a contribuição de material fino dos solos de seu entorno, sedimentado em ambiente flúvio-lacustre (Corrêa, 1984).

Os solos das planícies fluviais apresentam expressiva variação textural de local para local, comum nestes ambientes, e refletem a natureza granulométrica do material sedimentado, já que experimentaram pouca evolução. O Gleissolo Háptico (GX) apresenta altos teores de argila decorrentes da deposição mais afastada do rio Piranga, com gênese até certo ponto semelhante ao PVAef já comentado (Quadro 2).

Para o Neossolo Flúvico (RU) da várzea do Rio Buieí, no contato com a várzea do Rio do Carmo, é marcante o contraste textural das camadas sub e superficiais, lembrando um Argissolo abrupto. A maior concentração de areia em superfície indica maior energia das águas durante a deposição do sedimento. O sedimento transportado foi de tal ordem que deslocou a trajetória do leito do Rio do Carmo, causando instabilidade das encostas, facilmente perceptível em frente à desembocadura do rio Buieí. Tal situação demonstra um período de maior torrencialidade após a formação dos Argissolos de terraço, uma vez que a morfologia da camada subjacente ao horizonte A é muito semelhante à dos B texturais dos Argissolos Vermelho-Amarelos férricos comuns nos terraços da região (Corrêa, 1984; Naime, 1988; Carvalho Filho, 1989; Fernandes, 1996).

Os solos com B textural ou nítico (MT e NV) apresentam-se com gradiente textural mais (NVd, NVe 1, NVe 2 e MT 1) ou menos elevado (MT 2). Em ambos os casos, a perda diferencial de argila favorecida pelo relevo de ocorrência (forte ondulado), agravada pelo menor grau de floculação em superfície, parece explicar a diferenciação de textura constatada. São solos altamente susceptíveis à erosão, sendo comum encontrarem-se quase que decapitados, particularmente os Nitossolos Vermelhos. Vale registrar, ainda, que, em alguns locais de ocorrência destes últimos solos, as intrusões de rochas máficas causaram desestabilizações marcantes no ambiente, não sendo raras grandes voçorocas nos locais de contato com o gnaisse.

Características químicas

Os Latossolos deste estudo caracterizam-se por baixa saturação por bases e CTC nos horizontes subsuperficiais, sendo normalmente distróficos e, ou, álicos (Quadro 2). Por apresentarem ΔpH positivo no horizonte diagnóstico, além de retenção de cátions menor que 1,5 cmol_c kg⁻¹ de TFSA, são também ácidos, reflexo do intenso intemperismo e lixiviação a que foram submetidos, embora não sejam oxidícos ou gibbsíticos. Esse fato é corroborado pelos teores de Fe₂O₃ acima de 13,6 dag kg⁻¹ (Quadro 3) e pelo capeamento de caulinita por óxidos de ferro, bloqueando a expressão das cargas negativas, conforme observado na análise micromorfológica por Nunes et al. (2000).

Os LVAd 1, LVAd 2 e LVAd 3 revelam grande similaridade química, física e mineralógica com Latossolos estudados por outros autores na mesma

região (Corrêa, 1984; Carvalho Filho, 1989; Fernandes, 1996), o que indica material de origem relativamente homogêneo, podendo ter ocorrido, entretanto, pequenas variações locais quanto à lixiviação. O LVAd 3, incluído para efeito de comparação, apesar de estar situado sobre uma intrusão de rocha máfica, não se diferencia dos demais quanto às características químicas, indicando estar sua gênese mais ligada ao material de retrabalhamento do gnaissé que recobre a intrusão. A pobreza química verificada e a possível complexação do húmus com o alumínio condicionam um acúmulo de carbono orgânico (Ribeiro et al., 1972; Fassbender & Bornemisza, 1994), de modo que os Latossolos de topo (LVAd 1 e LVAd 2) apresentam horizontes A espessos com teores relativamente elevados de matéria orgânica, sendo proeminentes ou húmicos (Quadro 2).

Quadro 2. Textura, argila dispersa em água (ADA) e características químicas dos solos estudados

Solo	Horizonte	Prof. cm	Textura			pH (1:2,5)			Complexo sortivo										C.O. g/100 g	
			Areia	Silte	Argila	ADA	H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ²⁺	S	Al ³⁺	H + Al	T	V		m
			%						cmol _c dm ⁻³										-%	
LVAd 1	A	0-35	31	16	53	8	5,2	4,4	-0,7	0,3	0,0	0,04	0,05	0,4	0,8	10,1	10,5	4	67	3,68
	Bw	35-85	26	7	67	2	4,9	5,0	0,1	0,2	0,0	0,00	0,01	0,2	0,0	2,8	3,0	7	16	0,73
LVAd 2	A	0-40	32	6	62	7	4,2	3,8	-0,4	0,1	0,1	0,09	0,10	0,4	3,3	16,0	16,4	2	90	5,58
	Bw2	110-200	24	5	71	2	4,6	4,8	0,2	0,0	0,0	0,01	0,02	0,1	0,1	2,2	2,3	4	55	
LVAd 3	A	0-30	43	6	51	11	5,4	4,5	-0,9	0,9	0,4	0,10	0,11	1,5	0,2	5,2	6,7	22	12	3,17
	Bw	30-80	27	6	67	1	5,2	5,4	0,2	0,1	0,1	0,00	0,00	0,2	0,0	1,7	1,8	11	5	0,40
PVAef	A	0-30	35	24	41	33	6,0	5,2	-0,9	2,7	1,4	0,52	0,49	5,0	0,0	3,0	8,0	63	0	1,74
	Bt	30-65	28	18	54	1	6,2	5,9	-0,3	1,5	0,7	0,12	0,12	2,4	0,0	0,6	3,0	80	0	0,69
MT 1	A	0-35	57	19	24	9	6,1	4,9	-1,2	8,9	1,9	0,08	0,12	11,0	0,0	2,7	13,7	80	0	2,27
	Bt	35-70	36	17	47	25	6,5	5,3	-1,2	8,2	2,0	0,02	0,06	10,3	0,0	1,8	12,1	85	0	0,48
MT 2	A	0-40	53	16	31	14	5,7	4,3	-1,4	5,8	2,1	0,16	0,18	8,2	0,1	3,0	11,3	72	1	1,92
	Bt	40-90	46	14	40	30	6,2	4,5	-1,6	6,3	2,2	0,06	0,12	8,7	0,0	1,8	10,5	83	0	0,32
NVd	A	0-25	25	27	48	20	5,4	4,4	-1,1	1,1	1,2	0,10	0,10	2,5	0,1	4,9	7,4	34	3	2,11
	Bn	25-60	11	19	70	1	4,8	4,8	0,0	0,7	0,5	0,02	0,02	1,3	0,0	2,3	3,6	36	3	0,49
NVe 1	A	0-25	38	22	40	9	6,0	4,9	-1,1	6,1	2,4	0,22	0,21	9,0	0,1	4,6	13,6	66	1	2,97
	Bn	25-55	5	24	71	2	5,3	4,5	-0,8	1,8	2,8	0,03	0,04	4,7	0,1	4,0	8,6	55	3	0,38
NVe 2	A	0-20	45	16	39	8	6,0	4,9	-1,1	2,3	0,9	0,13	0,13	3,5	0,0	2,9	6,4	55	1	1,87
	Bn	20-60	23	16	61	8	6,3	5,7	-0,5	1,6	0,9	0,02	0,03	2,5	0,0	0,8	3,4	74	0	0,26
VC	A	0-20	53	16	31	19	7,0	5,7	-1,2	3,5	6,9	0,22	0,35	11,0	0,0	1,3	12,3	89	0	2,47
	C	20-60	47	15	38	18	7,6	5,7	-1,8	3,7	9,9	0,27	0,40	14,3	0,0	0,4	14,6	98	0	0,26
GX	A	0-20	34	21	45	30	6,2	4,9	-1,3	4,1	1,6	0,48	0,46	6,6	0,0	3,2	9,7	68	0	2,51
	C	20-45	18	14	68	45	6,2	4,3	-1,9	5,3	1,7	0,18	0,21	7,3	0,2	1,5	8,8	83	2	0,32
RU	I	0-15	78	8	14	-														
	II	15-55	96	2	2	-														
	III	55-65	48	22	30	-														
	IV	65-89	25	25	50	-														
	V	89-162	47	26	27	-														

A eutrofia dos Nitossolos Vermelhos é reflexo do predomínio de minerais ferromagnesianos na constituição das rochas de origem, em sua maioria anfíbolitos, além da maior taxa de erosão em relação à pedogênese, expondo novos materiais. A única exceção, o NVd, pode ter-se desenvolvido sobre material de origem menos rico que os demais e sofrido mistura com material gnáissico e, ou, ter experimentado uma condição pretérita local mais propícia à intemperização e lixiviação de bases, resultando em um solo distrófico e ácido, à semelhança dos Latossolos.

Já nos Chernossolos Argilúvicos e Vertissolo, aliado à riqueza do material de origem, o menor intemperismo, confirmado pela sua menor profundidade e presença de minerais primários na massa do solo, justifica sua eutrofia. O PVAef e o GX, por ocorrerem em ambientes tipicamente concentradores, têm sua fertilidade natural mais elevada, fato também registrado em trabalhos anteriores, ainda que não possa constituir generalização para a região como um todo (Corrêa, 1984; Naime, 1988; Carvalho Filho, 1989).

Ataque sulfúrico e ataque ácido total

Os teores de Fe_2O_3 dos LVAd estão em torno de 14 dag kg^{-1} (Quadro 3), o que os caracteriza como mesoférricos (EMBRAPA, 1999), e são condizentes com a maior riqueza em minerais ferromagnesianos, sobretudo biotita e anfíbolio, presentes no gnaiss da região. Os teores de TiO_2 , relativamente elevados ($> 1,7$ dag kg^{-1}), resultam do ataque ácido à titanita e mesmo à ilmenita, de ocorrência comum nestas rochas (Silva et al., 1991). O LVAd 3, embora esteja sobre um dique de diabásio, não difere dos demais Latossolos da região, desenvolvidos sobre gnaiss, indicando estar seu desenvolvimento marcado por materiais oriundos de retrabalhamento do gnaiss, conforme já assinalado.

A natureza ferromagnesianas (anfíbolitos e mesmo gnaisses mais básicos) é responsável pelos teores de Fe_2O_3 superiores a 15 dag kg^{-1} nos NV. A maior presença de ilmenita e titanita nessas rochas resulta em teores relativamente elevados de TiO_2 , em geral superiores a 3 dag kg^{-1} .

Os elevados teores de Fe_2O_3 do PVAef relacionam-se com sua formação em áreas mais deprimidas sem restrição acentuada na drenagem, onde há o acúmulo de óxidos de ferro carregados junto com os sedimentos argilosos proveniente das vizinhanças (Corrêa, 1984; Naime, 1988; Carvalho Filho, 1989).

Os valores de Ki dos Latossolos estudados são menores que 2,2, o que condiz com a definição de B latossólico (EMBRAPA, 1999). Como não se encontram muito abaixo desse valor, acredita-se serem esses solos mais caulíníticos, fato confirmado pela alocação e ATD (Quadro 5) e difratometria de raios-X (Figura 4). Esses valores de Ki confirmam resultados encontrados para solos da região de

Viçosa, indicando que a ação do intemperismo e retrabalhamento do material sobre o antigo planalto teve ação homogeneizadora nas características físicas, químicas, mineralógicas e morfológicas desses solos (Corrêa, 1984; Carvalho Filho, 1989; Fernandes, 1996).

Os demais solos apresentaram valores de Ki entre 2,48 e 3,86, condizentes com sua menor evolução pedogenética em se comparando aos Latossolos, evidenciando a maior participação de argilominerais 2:1 na fração argila, sobretudo no MT 1, MT 2 e VC.

Os teores variados de P_2O_5 e TiO_2 indicam diferenciação no material de origem, mesmo entre os solos coletados sobre diques de rochas máficas.

As concentrações dos elementos Ni, Cu, Zn e Mn (Quadro 3) encontram-se dentro daqueles valores observados para os solos em geral, que se assemelham aos apresentados por Alloway (1990). Os solos desenvolvidos sobre os diques máficos apresentam teores mais elevados, ainda que variáveis, de Fe_2O_3 e TiO_2 , assim como da soma de Ni, Cu, Zn e Mn (Quadro 3). Essa variabilidade decorre da heterogeneidade geoquímica do material que constitui os diques e se reflete nos solos sobre eles formados (Ker, 1995).

Ferro extraído com o ditionito e com o oxalato

Quando se considera o total das cinco extrações com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), os Latossolos destacam-se por apresentar valores mais elevados de Fe_2O_3 do que os solos ricos em ferro como os Nitossolos Vermelhos (Quadro 4), revelando maior proporção de óxidos de ferro livres na fração argila dos Latossolos.

A relação Feo/Fed, tomando-se apenas a primeira extração com o DCB, é mais elevada nos solos com B textural ou nítico em comparação aos Latossolos (Quadro 4), em consonância com o menor grau de evolução daqueles. Os maiores valores para a relação Feo/Fed encontrados no VC e GX demonstram maior participação de óxidos de ferro de pior grau de cristalinidade nestes, possivelmente relacionados com a drenagem deficiente e com a presença de mais sílica no sistema, inibindo a expressão de melhor cristalinidade das formas de ferro presentes neste solo.

Um padrão comum nos solos estudados são os maiores valores dessa relação em superfície, revelando efeito da matéria orgânica na redução da cristalinidade desses óxidos (Schwertmann, 1966). No entanto, o MT 1 e o GX são exceções a essa tendência.

A elevada relação Feo/Fed no Gleissolo Háplico demonstra sua riqueza em formas de ferro de menor cristalinidade, resultantes de sua formação em ambiente hidromórfico (Schwertmann, 1985).

A dinâmica de extração do ferro é diferente nos Latossolos em relação ao restante dos solos. Enquanto todos os outros atingem um patamar na segunda extração com o DCB (Figura 3), nos

Quadro 3. Resultados de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, K₂O e P₂O₅ obtidos pelo ataque sulfúrico na TFSA, relação molecular Ki e elementos traços do ataque ácido total à TFSA dos solos estudados, à exceção do RU

Solo	Horizonte	Ataque sulfúrico						Ataque ácido total				
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Ki	Ni	Cu	Zn	Mn	Σ ⁽¹⁾
		dag kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
LVA _d 1	Bw	25,5	24,4	14,2	1,7	0,10	1,78	34	36	69	110	249
LVA _d 2	Bw ₂	29,3	22,6	13,6	2,2	0,07	2,20	7	16	17	76	115
LVA _d 3	Bw	27,8	22,0	14,3	2,2	0,13	2,15	32	47	53	190	322
PVA _{ef}	Bt	37,7	25,9	21,7	1,8	0,12	2,48	52	44	53	180	329
MT 1	Bt	30,5	15,5	9,4	1,6	0,05	3,35	33	23	86	458	599
MT 2	Bt	27,0	14,5	9,6	0,9	0,05	3,16	55	52	99	692	898
NV _d	Bn	36,6	21,6	19,7	3,0	0,13	2,87	28	99	78	459	664
NV _e 1	Bn	38,0	24,4	22,7	4,1	0,10	2,64	139	91	74	362	666
NV _e 2	Bn	41,0	23,5	15,4	1,6	0,09	2,97	56	48	53	334	490
VC	C	25,8	11,4	6,8	1,0	0,01	3,86	45	22	74	855	996
GX	C	41,8	28,7	5,9	1,5	0,12	2,48	50	24	66	144	285

⁽¹⁾ Σ = Somatório das concentrações de Ni + Cu + Zn + Mn.

Quadro 4. Teores de Fe₂O₃ na fração argila obtidos em cinco extrações sucessivas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Fed), oxalato de amônio (Feo), e a relação Feo/Fed

Solo	Horizonte	Extrações						Oxalato (Feo)	Feo/Fed ⁽¹⁾
		DCB (Fed)					Σ		
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a		Única	
		dag kg ⁻¹							
LVA _d 1	A	3,99	2,48	1,72	1,39	0,98	10,57	0,24	0,06
	Bw	4,63	2,59	2,10	1,88	1,29	12,48	0,07	0,02
LVA _d 2	A	5,40	2,96	2,37	2,20	1,63	14,55	0,22	0,04
	Bw ₂	3,05	2,38	1,98	1,70	1,39	10,49	0,09	0,03
LVA _d 3	A	3,39	3,81	2,22	1,54	0,72	11,68	0,19	0,05
	Bw	4,71	5,15	2,56	2,04	0,86	15,33	0,10	0,02
PVA _{ef}	A	3,83	0,95	0,16	0,19	0,10	5,23	0,33	0,08
	Bt	7,23	0,66	0,21	0,26	0,15	8,50	0,48	0,07
MT 1	A	1,77	0,73	0,18	0,21	0,10	2,98	0,37	0,21
	Bt	2,03	0,26	0,04	0,08	0,04	2,44	0,45	0,22
MT 2	A	3,75	0,46	0,01	0,10	0,05	4,36	0,61	0,16
	Bt	5,23	0,60	0,00	0,05	0,02	5,90	0,70	0,13
NV _d	A	3,50	0,95	0,08	0,12	0,05	4,69	0,62	0,18
	Bn	5,08	0,74	0,14	0,10	0,03	6,09	0,63	0,12
NV _e 1	A	3,36	0,77	0,26	0,12	0,06	4,57	0,70	0,21
	Bn	6,74	1,17	0,07	0,06	0,05	8,09	0,85	0,13
NV _e 2	A	3,21	0,45	0,28	0,08	0,02	4,04	0,63	0,19
	Bn	5,67	1,04	0,15	0,08	0,04	6,98	0,52	0,09
VC	A	1,43	0,35	0,12	0,17	0,15	2,21	0,44	0,31
	C	1,02	0,40	0,31	0,21	0,20	2,13	0,24	0,24
GX	A	0,91	0,28	0,06	0,04	0,02	1,31	0,35	0,38
	C	0,28	0,19	0,11	0,08	0,05	0,71	0,40	1,43

⁽¹⁾ Baseada na primeira extração com o DCB.

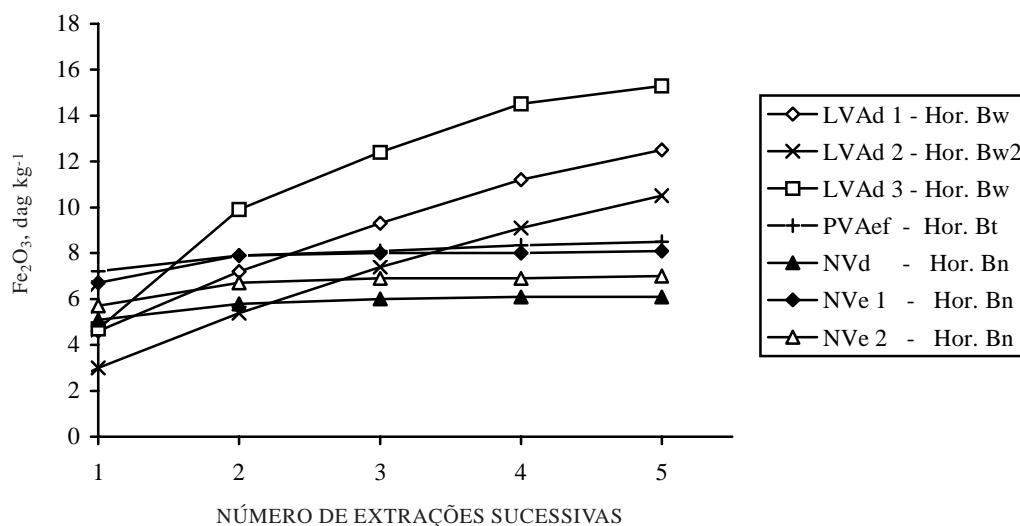


Figura 3. Teores cumulativos de Fe₂O₃ extraídos sucessivamente da fração argila por DCB de alguns dos solos estudados.

Latossolos, quantidades consideráveis de ferro ainda são recuperadas na quinta extração sucessiva. Esse comportamento evidencia maior efetividade do DCB no ataque à hematita, com maior proporção nos solos vermelhos, em relação à goethita, o que está de acordo com resultados obtidos por outros autores (Torrent et al., 1987; Fontes, 1988).

Mineralogia da fração argila dos solos

A difratometria de raios-X (Figuras 4 e 5), a alocação e a ATD (Quadro 5) revelaram o predomínio de caulinita nos Latossolos, seguida de quantidades variáveis de goethita, hematita, gibbsita, vermiculita com hidróxi entrecamadas, rutilo, anatásio e mesmo ilita, esta última identificada apenas após tratamento da argila com NaOH (Figura 5). Esta mineralogia encontra-se condizente com a prevista na definição da ordem e confirma a menor evolução dos Latossolos em discussão, sobretudo em relação à grande parte daqueles localizados no Planalto Central do Brasil (Carmo et al., 1984; Curi et al., 1987; Oliveira et al., 1991; Carvalho Filho et al., 1993; Ker, 1995).

É provável que as condições de relevo mais movimentado na região de Viçosa favoreçam o rejuvenescimento relativo destes solos, pela maior exposição do material de origem, contribuindo para a formação e estabilidade da caulinita em relação à gibbsita.

No que se refere aos óxidos de ferro (Figura 5), predomina goethita nos Latossolos Vermelho-Amarelos, conferindo-lhes a coloração amarelada característica desta classe (Oliveira et al., 1992).

A semiquantificação de caulinita e gibbsita por alocação e por ATD (Quadro 5), embora confirme a mineralogia caulínica dos Latossolos (compatíveis com a Figura 4), revela discrepâncias marcantes

entre os dois métodos, evidenciando a necessidade de estudos mais pormenorizados, os quais não foram contemplados no presente trabalho.

Nos solos com horizonte Bt ou Bn de argila de atividade baixa (NV e PVAef), a caulinita e, em menor proporção, os argilominerais de estrutura 2:1 são os filossilicatos predominantes (Figura 6). Esses minerais 2:1 referem-se à illita e, possivelmente, à esmectita. A primeira é identificada pelo pico a 1,0 nm na amostra desferrificada, o qual não se altera quando tratada com magnésio e com potássio às várias temperaturas (difratogramas não apresentados). Picos a 14 nm na amostra desferrificada, em nítida expansão, quando tratada com magnésio, formando ombreira em direção a ângulos 2 θ menores, associada à intensificação do pico a 10 nm quando se realizou tratamento com potássio e aquecimento, evidenciam a existência de esmectita em todos esses solos, ainda que em quantidades muito baixas, conforme se depreende pela figura 6.

O Argissolo Vermelho-Amarelo eutroférico não apresentou picos marcantes de minerais 2:1, confirmando resultados constatados por outros autores para solos de terraço na região de Viçosa (Naime, 1988; Carvalho Filho, 1989; Ker & Schaefer, 1995), o que, provavelmente, se deve à sua formação a partir de materiais pré-intemperizados de natureza caulínica.

Quanto aos óxidos de ferro da fração argila dos solos com horizonte Bt ou Bn de argila de atividade baixa, prevalece a hematita sobre a goethita, o que resulta em sua coloração avermelhada, exceto no PVAef. Vale destacar que, além da riqueza em ferro do material de origem, a drenagem livre favorece a gênese e estabilidade da hematita nestes solos.

Quadro 5. Semiquantificação, por alocação e Análise Termodiferencial (ATD), de alguns constituintes mineralógicos da fração argila dos horizontes B dos Latossolos estudados

Solo	Horizonte	Composição mineralógica					
		Ct		Gb		Alocação	
		Alocação	ATD	Alocação	ATD	Gt	Hm
dag kg ⁻¹							
LVA d 1	Bw	54,8	72	0,5	20	15,51	0,99
LVA d 2	Bw2	49,4	90	0,0	2	14,70	0,45
LVA d 3	Bw	43,5	81	0,0	7	16,69	5,19

Ct – Caulinita; Gb – Gibbsita; Gt – Goethita; Hm – Hematita.

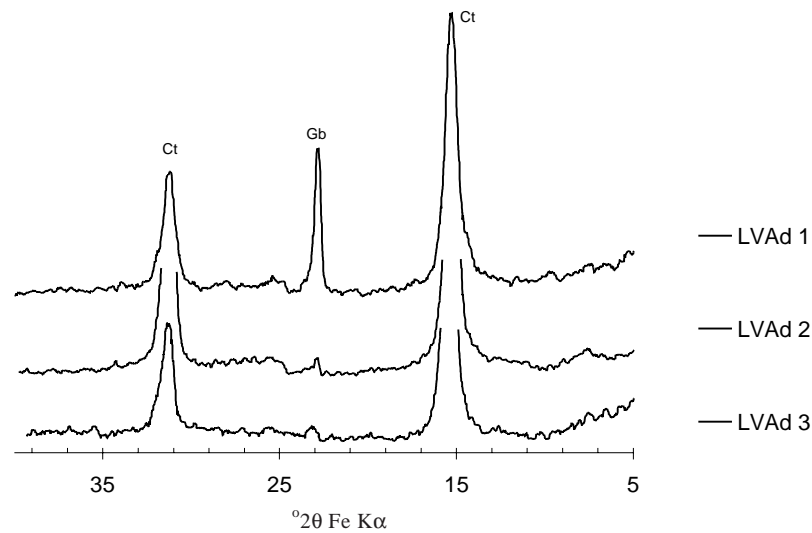


Figura 4. Difrato gramas de Raios-X da fração argila desferrificada dos Latossolos estudados (lâminas de argila orientada). Ct – Caulinita; Gb – Gibbsita.

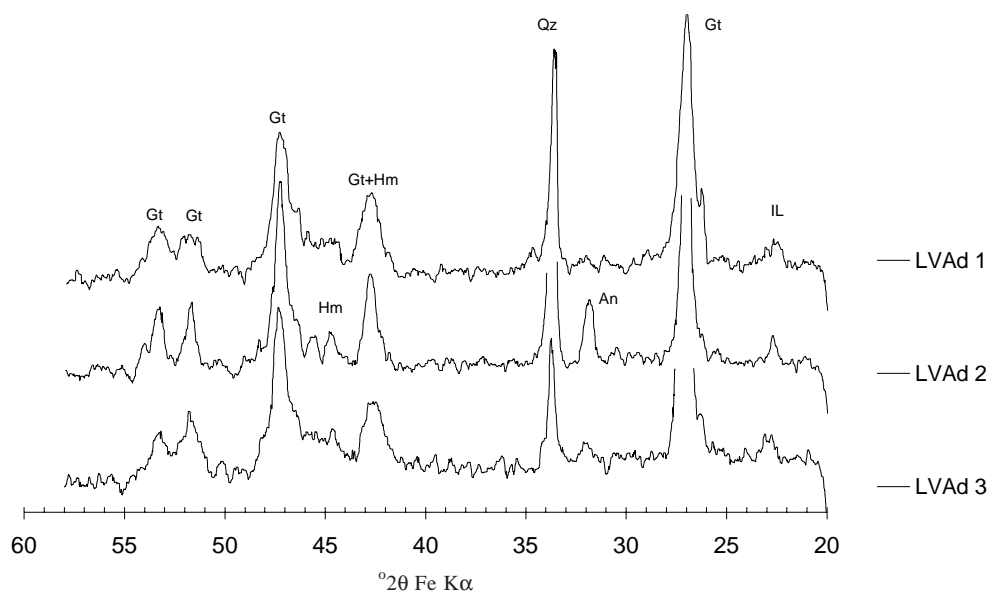


Figura 5. Difrato gramas de Raios-X da fração argila tratada com NaOH 5 mol L⁻¹ dos Latossolos estudados (montagem sem orientação). Gt – Goethita; Hm – Hematita; An – Anatásio; IL – Ilmenita; Qz – Quartzo, incluído como padrão interno.

Nos solos com seqüência A/C e Bt Ta, a mineralogia da argila desferrificada é praticamente idêntica àquela dos solos com horizonte Bt ou Bn Tb, perdendo a caulinita em expressão, à medida que cresce a participação de argilominerais 2:1 (Figura 7). No MT 2, há grande proporção de ilita originada da alteração da muscovita dos gnaisses, o que se repete em menor escala no MT 1 e no Vertissolo. Nos demais solos desse grupo (GX e VC), é expressiva a presença de esmectita, destacando-se o Vertissolo, embora o reflexo na CTC da fração argila desse solo não seja tão expressivo quando comparada aos MT.

Ainda que de difícil diagnose ao raio-X, picos em 2,54, 2,45 e 2,25 nm revelam a participação de ferriidrita na fração argila do Gleissolo Háptico tratada com NaOH (difratogramas não apresentados), cuja gênese encontra-se condizente com o ambiente hidromórfico de formação do solo. É interessante destacar que a passagem da cor cinza-azulada, típica de gleização, para amarelada, quando exposta ao ar, é muito rápida. Esta cor amarelada permanece após

tratamento com NaOH e pode sugerir a transformação de ferriidrita em goethita, que é confirmada pela difratometria de raios-X.

A ilita, presente em todos os solos com seqüência A/C e A/Bt Ta, parece originar-se da muscovita do gnaisse. No Vertissolo (VC) e nos Chernossolos Argilúvicos (MT 1 e MT 2), a maior riqueza química do material de origem e o relevo local mais abaciado, aliados à exposição do terreno para o norte, aumentando a evapotranspiração, dificultam a saída de bases e sílica do sistema, favorecendo a formação e a estabilidade da esmectita. No Gleissolo, são as condições locais de drenagem deficiente que garantem a existência de minerais de estrutura 2:1, com destaque para a esmectita. É importante destacar que os picos a 10 e próximos a 24 nm, em argilas desferrificadas como no difratograma do MT 2, experimentando expansão e contração com os tratamentos com Mg, Mg + etileno glicol e K com aquecimento (difratogramas não apresentados), respectivamente, confirmam a ocorrência de mica e esmectita, possivelmente como interestratificados.

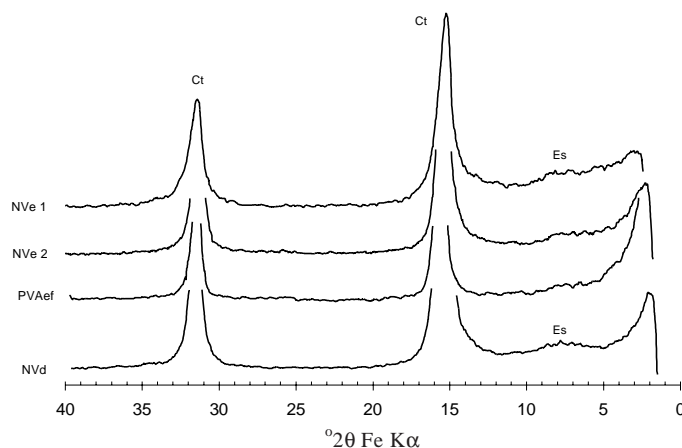


Figura 6. Difratogramas de Raios-X da fração argila desferrificada dos solos com horizonte Bt Tb ou Bn estudados (lâminas de argila orientada). Ct - Caulinita; Es - Esmectita.

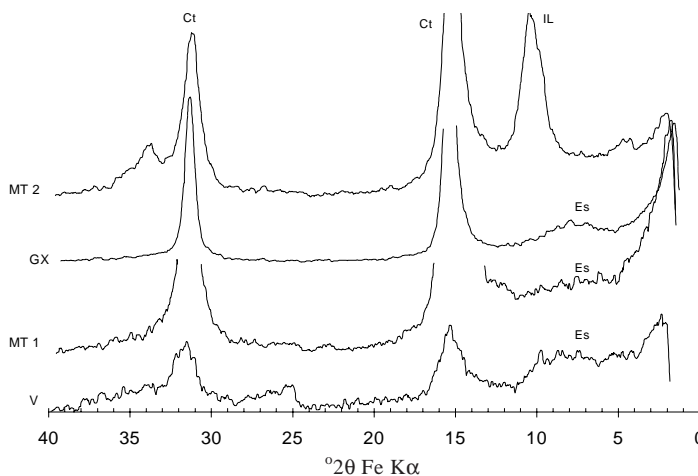


Figura 7. Difratogramas de Raios-X da fração argila desferrificada dos solos com horizonte Bt Ta e horizonte C estudados (lâminas de argila orientada). Ct - Caulinita; Es - Esmectita; IL- Iilita.

CONCLUSÕES

1. As duas topolitosseqüências estudadas apresentaram grande semelhança, sendo constituídas por Latossolos Vermelho-Amarelos no topo da paisagem. A dissecação da paisagem leva à exposição de intrusões de rochas máficas, sobre as quais se desenvolvem Nitossolos Vermelhos, onde o relevo é mais íngreme, e Chernossolos Argilúvicos e Vertissolos em condições de relevo que permita maior acúmulo de bases e menor perda de sílica.

2. Na topolitosseqüência da Depressão de Ponte Nova, foram encontrados terraços e planícies aluviais, contrastando com a topolitosseqüência de Guiricema.

3. Os Latossolos do Planalto de Viçosa não diferiram entre si química, física e mineralogicamente, mesmo quando incluídos solos coletados sobre dique de material máfico, em razão da homogeneidade do gnaiss e do longo tempo de exposição e atuação marcante dos agentes bioclimáticos na equalização destas características.

4. Dois dos três Nitossolos Vermelhos coletados são eutróficos, comprovando a diferenciação entre si, particularmente quanto aos teores de Fe_2O_3 , TiO_2 e teores de elementos traços como Ni, Cu, Zn e Mn, reflexo da diferenciação entre as intrusões de rochas máficas na área de estudo, ou da mistura do material de alteração dessas intrusões com aquele do gnaiss.

5. Os solos desenvolvidos a partir de rochas máficas (anfíbolitos) apresentaram maiores teores de elementos traços como Cu, Ni, Mn e Zn, onde somente o primeiro correlacionou-se significativamente com o Fe_2O_3 e TiO_2 , evidenciando a afinidade geoquímica entre estes constituintes.

6. A caulinita foi o mineral aluminossilicatado comum em todos os solos estudados.

7. A ocorrência de argilominerais de estrutura 2:1, caracterizando alguns solos como Ta, mostra que a localização do solo, a exposição do terreno e o material de origem determinam a gênese e a estabilidade destes minerais na área, ainda que sob clima relativamente úmido.

8. A baixa relação Feo/Fed nos Latossolos estudados indica o predomínio de formas de ferro de maior grau de cristalinidade, sendo mais elevada nos Nitossolos, em concordância com o seu menor grau de evolução.

LITERATURA CITADA

AB'SABER, A.N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. *Geomorfologia*, 20:26-52, 1970.

ALLOWAY, B.J. The origins of the heavy metals in soils. In: ALLOWAY, B.J., ed. *Heavy metals in soils*. Glasgow: Academic & Professional, 1990. p.29-39.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL, folha SF23/24 – Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983. 775p. (Levantamento dos recursos naturais, 32)

CARMO, D.N.; CURI, N. & RESENDE, M. Caracterização e gênese de Latossolos da região do Alto Parnaíba (MG). *R. Bras. Ci. Solo*, 8:235-240, 1984.

CARVALHO FILHO, A. Caracterizações mineralógica, química e física de solos de duas unidades de paisagem do Planalto de Viçosa - MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1989. 114p. (Tese de Mestrado)

CARVALHO FILHO, A.; MOTTA, P.E.F.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO JUNIOR, W.; KER, J.C. & BLANCANEUX, P.H. Os solos dos municípios de Silvânia e São Miguel do Passa Quatro, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, Resumos. Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p.285-286.

CORRÊA, G.F. Modelo de evolução e mineralogia da fração argila dos solos do Planalto de Viçosa, MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 87p. (Tese de Mestrado)

COSTA, L.M. Caracterização das propriedades físicas e químicas dos solos de terraços fluviais, na região de Viçosa, e sua interpretação para uso agrícola. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1973. 55p (Tese de Mestrado)

CURI, N. & FRANZMEIER, D.P. Effect of parent rocks on chemical and mineralogical properties of some Oxisols in Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:153-158, 1987.

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. Brasília, 1999. 412p.

FASSBENDER, H.W. & BORNEMISZA, E. Química de suelos, com ênfasis en suelos de América Latina. Costa Rica, IICA, 1994. 420p.

FERNANDES, M.M. Caracterização de solos e uso atual empregando aerofotos não-convencionais nas sub-bacias Marengo, Palmital e Silibar - Rio Turvo Sujo, MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 87p. (Tese de Mestrado)

FONTES, M.P.F. Iron oxide mineralogy in some brazilian Oxisols. Raleigh, North Carolina State University, 1988. 175p. (Tese de Doutorado)

KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. The 5-M-NaOH concentration treatment for iron oxides in soils. *Clays Clay Miner.*, 30:401-408, 1982.

KER, J.C. Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 181p. (Tese Doutorado)

KER, J.C. & SCHAEFER, C.E.R. Roteiro da excursão pedológica Viçosa-Sete Lagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Roteiro. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. 46p.

- KONONOVA, M.M.; NOWAKOWSKI, T.Z. & NEWMAN, A.C.D. Soil organic matter; its nature, its role in soil formation and in soil fertility. 2.ed. London, Pergaman, 1966. 544p.
- McKEAGUE, J.A. & DAY, J.H. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soil. *Can. J. Soil Sci.*, 46:13-22, 1966.
- MEHRA, J.P. & JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.*, 7:317-327, 1960.
- MOREIRA, M.A.N. & CAMELIER, C. Relevô. In: Instituto Brasileiro de Geografia. *Geografia do Brasil: região sudeste*. Rio de Janeiro, 1977. p.1-47.
- MOURA FILHO, G.; RESENDE, M. & CRUZ, C.D. ALOCA: Programa para estimativa de minerais do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.201-202.
- NAIME, U.J. Caracterização de solos de terraços nas Zonas da Mata e Rio Doce, Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1988. 76p. (Tese de Mestrado)
- NUNES, W.A.G.A. Caracterização física, química, mineralógica, micromorfológica e espectral de alguns solos da zona da mata mineira. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 148p. (Tese de Mestrado)
- NUNES, W.A.G.A.; SCHAEFER, C.E.R.; KER, J.C. & FERNANDES FILHO, E.I. Caracterização micropedológica de alguns solos da Zona da Mata Mineira. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:103-115, 2000.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.
- OLIVEIRA, J.B.; RESENDE, M. & CURI, N. Caracterização e classificação de Latossolos variação una e de solos afins da região de Guaira, SP. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:207-218, 1991.
- RESENDE, M.; BAHIA FILHO, A.F.C. & BRAGA, J.M. Mineralogia da argila de Latossolos estimada por alocação a partir do teor total de óxidos do ataque sulfúrico. *R. Bras. Ci. Solo*, 11:17-23, 1987.
- REZENDE, S.B. Geomorphology, mineralogy and genesis of four soils on gneiss in southeastern Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1980. 143p. (Tese de Doutorado)
- RIBEIRO, A.C.; RESENDE, M. & FERNANDES, B. Latossolos com horizontes sub-superficial escurecido, na região de Viçosa. *R. Ceres*, 19:280-290, 1972.
- SCHWERTMANN, U. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxide. *Nature*, 212:645-646, 1966.
- SCHWERTMANN, U. The effect of environments on iron oxide minerals. *Adv. Soil Sci.*, 1:172-200, 1985.
- SILVA, S.L.; BALTAZAR, O.F.; BRANDALISE, L.A.; SOUZA, E.C. & MARQUES, V.J. Estratigrafia, petrografia e petrologia. In: Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil. Ponte Nova – Folha SF. 23-X-B-II, Estado de Minas Gerais. Brasília, MIE/SNMM/DNPM. 1991, p.7-9.
- TORRENT, J.; SCHWERTMANN, U. & BARRÓN, V. The reductive dissolution of synthetic goethite and hematite in dithionite. *Clay Miner.*, 22:329-337, 1987.