

GÊNESE E MICROPEDOLOGIA DE SOLOS DO MÉDIO JEQUITINHONHA, DE TURMALINA A PEDRA AZUL, MG.

Jackson C. F. Campos (*), Carlos Ernesto G. R. Schaefer (**), João Carlos Ker (**), Allaoua Saadi (***) & Manoel Ricardo de Albuquerque Filho (****)

ABSTRACT

The pedogenesis and micropedology of seven selected soils from the mid-Jequitinhonha Valley were characterized, aiming to identify properties associated with the distribution of soils in the landscape. Podzols were found on the top of the upper planation surface, closely associated with quartzite and its weathering products. In the bottom of the tectonic depression which forms the mid-valley, soils with low cation exchange capacity (CEC), low clay activity and presence of stony pavement are found, suggesting a change from past, humid climate to present-day semi-arid climate. Kaolinitic soils with low Fe-oxides content under such regime are thought to represent relicts of former humid climates, being correlatable to the typical Yellow Latosols from the coastal tablelands ("tabuleiros"). In the ill-drained Quaternary plains, soils with higher sodium contents are found, indicating the imperfect leaching under the present climatic condition. On the top of the regional, late Tertiary surface, deep Latosols occur, associated with saprolites of various lithologies and Tertiary sediments derived from the erosion of these paleoweathering profiles. In all soils, some micropedological features confirm the polygenetic nature of the soils and landscape of the mid-Jequitinhonha, where either morphogenesis or pedogenesis have dominated, depending on climate, lithological control and tectonic activity.

INTRODUÇÃO

A região do Médio Jequitinhonha representa uma unidade fisiográfica bem peculiar no contexto do Estado de Minas Gerais. As feições orográficas que marcam a paisagem conferem a função de marco transicional entre o domínio de leste, colinoso e mais úmido, e outro, mais plano e notadamente mais seco, senão de distribuição pluviométrica muito irregular. A região marca o início das caatingas de Minas Gerais (Figura 1).

O médio vale do Jequitinhonha compreende uma porção de seu sistema de drenagem onde as feições estruturais, litológicas e tectônicas são de grande importância na evolução dos solos e da paisagem (Guimarães 1960). O rio Jequitinhonha segue aí encaixado em uma depressão tectônica assimétrica de direção predominante NE/SW, remodelada e nivelada por erosão em ambos os flancos, individualizando as chapadas, tanto sobre saprolitos terciários (superfície de erosão) quanto sobre seus depósitos correlativos

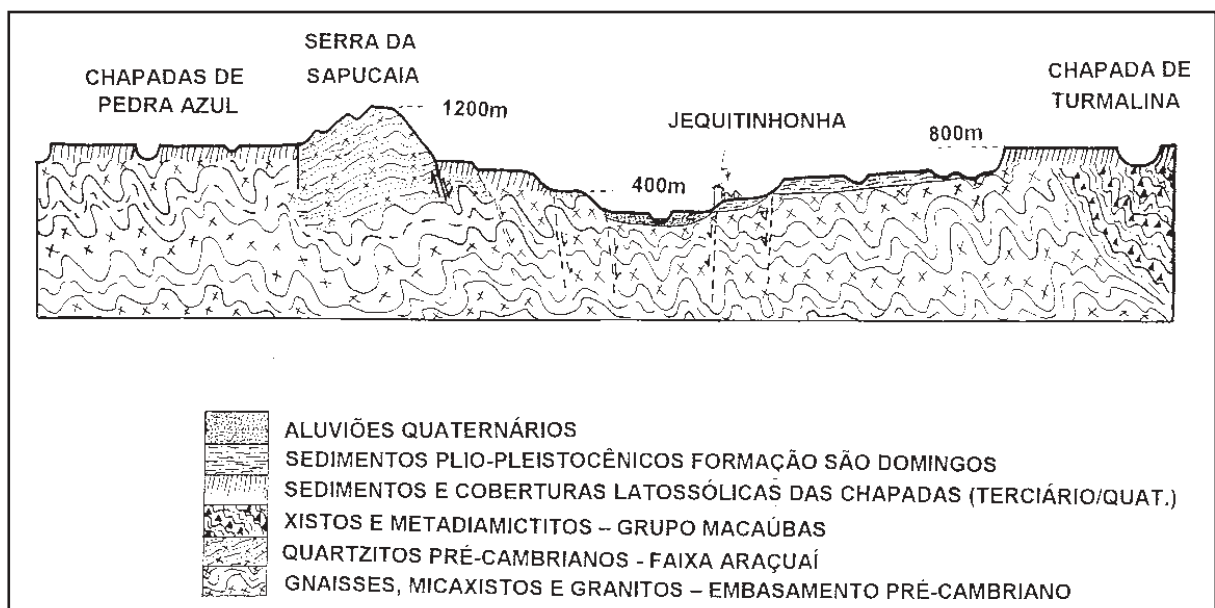


Figura 1: Transecto esquemático da área do médio Jequitinhonha, entre Turmalina e a Chapada de Pedra Azul.

Figure 1: Transect of a portion of the Jequitinhonha mid-valley, between the Turmalina City and the Pedra Azul tableland.

(*) Professor FUNEC/FAFIC/Caratinga-MG, MSc.
(**) Professor Adjunto - UFV / Viçosa-MG - Bolsista CNPq
(***) Professor Titular - UFMG-IGC
(****) Bolsista CNPq-PIBIC - UFV / Viçosa-MG

Pliocênicos (superfície de agradação) A região do Médio Jequitinhonha figura entre os primeiros alvos de levantamentos de solos nos anos 60, levados a cabo pela extinta equipe de Pedologia do Ministério da Agricultura (MINISTÉRIO..., 1970). Naquele trabalho, foram identificados solos que ocorrem quase que exclusivamente nessa porção do Estado de Minas Gerais, sob condições climáticas que variam de semi-áridas moderadas a tropicais de altitude, em altitudes que variam de 300 a mais de 1.300 m, compondo lito, topo e climosseqüências e compreendendo um domínio geomorfo-pedológico dos mais expressivos no Estado.

Na década de 70, as empresas florestais resolveram investir na área das Chapadas do Alto/Médio Jequitinhonha, o que resultou em levantamentos de reconhecimento de solos nesses cenários, com objetivo de identificar as áreas mais apropriadas ao plantio de eucalipto (Batista 1977; UFV, 1980). Desde então, pouco se acrescentou ao conhecimento dos solos ocorrentes na área, que constitui um dos bolsões de pobreza de Minas Gerais. O objetivo deste trabalho foi, entre outros, caracterizar alguns dos principais solos ao longo do transecto Turmalina-Serra da Sapucaia - Chapada de Pedra Azul, compreendendo uma ampla variabilidade de litologias, formas de relevo e condições pedoclimáticas (Figura 1).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados sete perfis na região do Médio Vale, representando os solos mais comuns em cada unidade de paisagem, de forma a auxiliar na compreensão da evolução geomorfológica regional. As análises químicas, físicas e mineralógicas foram realizadas com base nas recomendações de EMBRAPA (1997). Neste trabalho, serão discutidos apenas os perfis que representam pedossistemas próximos e bem contrastantes entre si, na paisagem do Médio Jequitinhonha.

Análises físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas

A análise textural da TFSA dos solos, para quantificação das frações areia grossa e areia fina, foi efetuada por meio de peneiramento via úmida e as frações silte e argila foram separadas conforme o método da pipeta, sendo a dispersão do solo promovida por agitação em coqueteleira, em meio alcalino (EMBRAPA, 1997), sem proceder à oxidação prévia da matéria orgânica.

O pH em água e em solução de KCl 1 mol L⁻¹ foi medido mediante a utilização das proporções 1:2,5 (v/v) de solo:solução. O carbono orgânico total foi determinado pelo método de Yeomans & Bremner (1988) e o nitrogênio, pelo método de Kjeldahl, conforme EMBRAPA (1997). Ca, Mg, Al e Fe foram extraídos por solução de KCl 1 mol L⁻¹, enquanto K e P foram extraídos pelo extrator de Mehlich. A acidez potencial (H+Al) foi determinada conforme EMBRAPA

(1997). Os teores de Ca, Mg, Al e Fe nos extratos foram determinados por espectrometria de absorção atômica. O fósforo foi determinado por fotolorimetria e K foi determinado por fotometria de chama. A partir dos resultados obtidos pela análise do complexo sortivo, foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica total (T) e efetiva (t), a saturação por bases (V) e a saturação por Al, conforme EMBRAPA (1997).

O Al e o Fe pouco cristalinos foram extraídos por oxalato de amônio, a partir de amostras de argila, conforme McKeague & Day (1966), utilizando-se 0,3 g de argila e 20 mL de extrator. O Fe livre em minerais cristalinos foi extraído pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), conforme McKeague & Day (1966). A determinação de Fe e Al nos extratos foi feita por espectrometria de absorção atômica, mas apenas o ferro é reportado na tese. O índice Fe_{od} foi calculado pela razão entre os valores de Fe extraído por oxalato(Fe_o) e Fe extraído pelo DCB(Fe_d).

A técnica de espectrometria de emissão de plasma (ICP-AES) foi utilizada, segundo as recomendações de Soltampour *et al.* (1996), considerando os limites de detecção de cada elemento analisado. O método de digestão ácida total das amostras, para análise dos elementos, foi empregado com 0,3 g de solo (TFSA), em béquer de teflon de 1 cm de espessura, com uso dos ácidos perclórico (HClO₄), nítrico (HNO₃), fluorídrico (HF) e clorídrico (HCl), e utilizando-se ácido bórico para precipitar a sílica liberada durante a digestão a quente (Soltampour *et al.* 1996).

A mineralogia da fração argila de todas as amostras foi estudada por difratometria de raio X (DRX). As argilas foram separadas por decantação. As amostras de argila foram desferrificadas por redução com ditionito até a eliminação das formas de Fe, evidenciada pela coloração do líquido, sendo depois lavadas, para eliminação de sais. As amostras de argila foram montadas em lâminas orientadas e submetidas a difração de raio X em um aparelho da marca Rigaku, com tubo de radiação Cu-K α , na faixa de 4 a 40° em ângulos 2 θ .

Para o preparo e a descrição de seções-finas dos solos, procedeu-se segundo as recomendações de FitzPatrick (1993), adaptadas por Schaefer (1994). Na descrição, foi usado o princípio básico dos três níveis (Bullock *et al.*, 1985): a) descrição visual dos componentes e das feições micropedológicas; b) comparação visual entre horizontes e lâminas de referência do banco de seções finas do DPS-UFV; e c) medições e identificações diretas da porosidade, do tipo de estrutura, do esqueleto, da forma dos poros, da cor do plasma e das feições iluviais e pedobiológicas.

Os perfis amostrados foram classificados de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (3a e 4a aproximações), segundo os critérios morfológicos e características químicas e físicas. A cor do solo foi determinada em amostras de terra fina, seca ao ar, utilizando a caderneta de Münsell (Münsell 1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Solos das zonas dissecadas e rebaixadas

Nas porções mais dissecadas da paisagem do Médio Jequitinhonha, ocorrem extensas áreas de solos podzolizados, em geral eutróficos (MINISTÉRIO..., 1970), associados a Aluviais e Latossolos Amarelos, cujas características fundamentais são, na maioria, conseqüências de variações químicas, mineralógicas e estruturais das rochas de origem, sejam xistos, gnaisses ou sedimentos, submetidos a condições climáticas mais secas, transicionais para semi-áridas (Figura 2).

No caso do perfil P1, Podzólico Vermelho-Escuro de Turmalina, os dados químicos ilustram a natureza policíclica e superimposta da pedogênese (Quadros 1 e 2). Embora os teores totais de carbono orgânico decresçam em profundidade, os materiais pedogenizados que formam os primeiros 70 cm (horizontes A1-Bt1-Bt2) encontram-se em flagrante desconformidade com os horizontes subjacentes, até 150 cm (2BC-2C). Nestes últimos, os teores de Al trocável de 4,8 a 5,5 cmol/kg denotam caráter álico do solo em subsuperfície. Em contraste, os horizontes superiores são de natureza eutrófica, com teores médios-altos de Ca e Mg trocáveis, com ausência de Al. Esta descontinuidade parece ser de origem sedimentar-coluvial, com transporte em fluxo denso de material alóctone, mais rico, a montante. Nesse caso, a pedogênese pós-deposicional mascarou, pelo intenso retrabalhamento biológico, o plano de descontinuidade original, formando o horizonte transicional BC.

A hipótese de uma ciclagem intensa de nutrientes

em direção aos horizontes superiores, promovida pela vegetação, neutralizando o Al^{3+} e saturando os primeiros 70 cm com elevados teores de bases trocáveis, parece inconsistente, pois os níveis de Ca e Mg dos materiais de BC e C são muito baixos e a relação Ca-Mg 1:10 na porção inferior e 3:1 na parte superior sugere materiais muito mais magnesianos embaixo. Além disso, os valores de pH dos horizontes superiores são suficientemente baixos para possuir algum Al^{3+} (Parfitt *et al.* 1977; Kinninburgh & Jackson 1981), demonstrando não ser a ciclagem a responsável pelo enriquecimento em bases de A até Bt₂. Quanto à possibilidade de algum nível pelítico mais aluminoso concordante com a disposição sub-horizontal dos horizontes pedogenéticos, o exame mais detalhado da morfologia do solo demonstra que este não é o caso. Entre o A e o Bt₁, bem como entre o Bt₂ e o 2BC, verificou-se a presença de níveis de cascalhos pequenos, com graus de arredondamento variáveis e composição predominantemente quartzosa/feldspática.

Além disso, pela análise granulométrica (Quadro 2), nota-se redução dos teores de argila de Bt₂ para BC, com aumento de areia fina e valores semelhantes de silte. O contraste mineralógico é evidente, pela presença de quantidades apreciáveis de argila do tipo 2:1 expansíveis (esmectitas) e interestratificados ilita/esmectita nos horizontes BC e C (Quadro 2), associados com teores de Al^{3+} muito elevados, sugerindo condições de intensa hidrólise de pelitos aluminosos, presentes nas frações silte e argila, a exemplo do processo descrito por Coleman & Harward (1953). Essa característica peculiar conferiu ao solo elevados teores de Al^{3+} em associação com argilas 2:1, a exemplo de solos do Acre

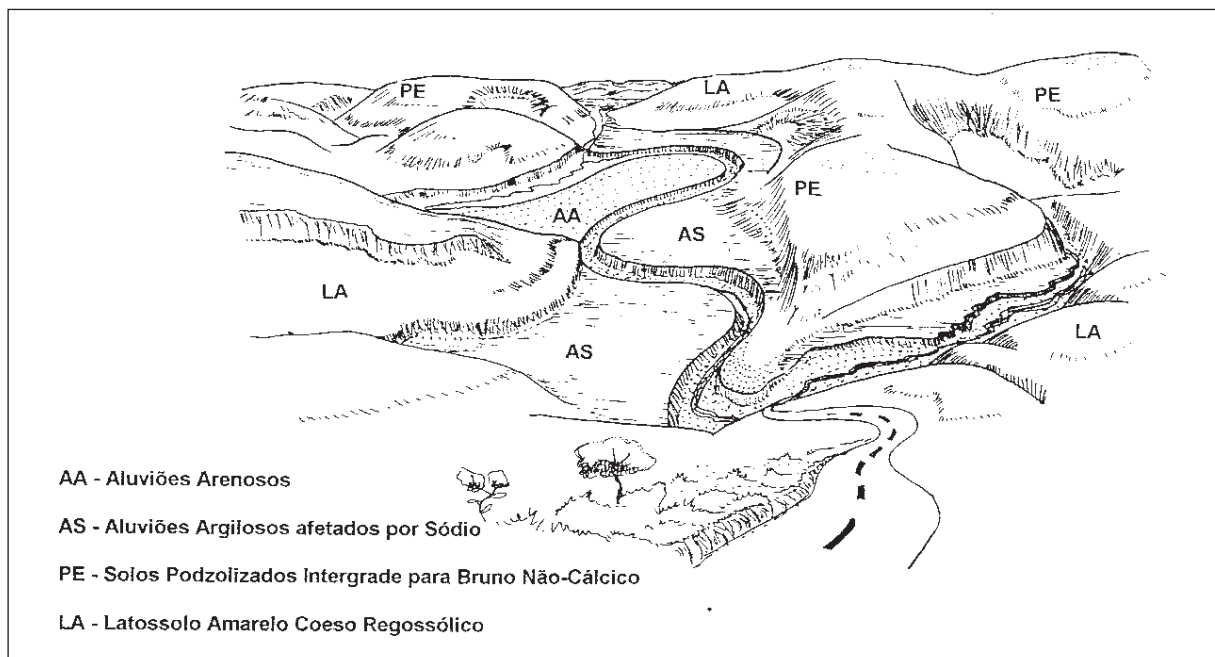


Figura 2: Paisagem da Depressão de Araçuaí-Virgem da Lapa, ilustrando as principais feições pedogeomorfológicas.

Figure 2: General landscape of the Araçuaí-Virgem da Lapa tectonic depression, illustrating the main pedogeomorphic features.

Quadro 1: Características químicas do solo.
Table 1: Chemical characteristics of the soils.

Hor	Prof Cm	pH		Na	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	sat.Al ³⁺ %	SB	C.O. dg/kg	
		H ₂ O	KCl	cmol c/dm ³										
P1 - Podzólico Vermelho Escuro - Turmalina														
	0-15	5,4	5,1	0,26	0,69	5,9	1,4	0,0	5,4	13,92	0,00	8,25	4,52	
Bt ₁	15-31	5,2	4,7	0,40	0,48	3,5	1,5	0,0	2,7	8,56	0,00	5,88	1,05	
Bt ₂	31-69	4,6	4,1	0,19	0,17	1,2	1,3	0,0	4,5	7,36	0,00	2,86	0,58	
BC	69-130	4,4	4,0	0,06	0,06	0,1	1,1	4,8	6,3	7,62	78,43	1,32	0,35	
C	130-150	4,4	3,9	0,08	0,07	0,1	1,0	5,5	6,3	7,55	81,48	1,25	0,27	
P2 - Latossolo Vermelho Amarelo álico - Minas Novas/Turmalina														
A	0-20	4,2	3,9	0,07	0,08	0,2	0,2	1,9	12,0	12,55	77,55	0,55	3,51	
AB	20-40	3,9	4,1	0,10	0,02	0,0	0,1	0,9	5,7	5,83	80,36	0,22	1,48	
BA	40-75	3,8	4,1	0,02	0,01	0,0	0,1	0,6	5,1	5,23	82,19	0,13	1,17	
Bw	75-150+	3,8	4,3	0,01	0,01	0,0	0,0	0,3	4,2	4,22	93,75	0,02	0,86	
P3 - Aluvial Solódico - Itaobim														
A	0-30	5,0	4,6	0,27	0,45	3,6	1,4	0,0	4,2	9,92	0,00	5,72	1,68	
C ₁	30-60	5,3	4,5	0,32	0,20	1,1	1,3	0,0	1,8	4,72	0,00	2,92	0,35	
C ₂	60-120+	4,4	3,8	0,33	0,21	0,6	1,9	0,1	1,8	4,84	3,18	3,04	0,12	
P4 - Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico Tb - Jequitinhonha														
A	0-22	5,2	4,4	0,27	0,36	3,0	2,2	0,0	2,7	8,53	0,00	5,83	1,01	
Bt ₁	22-46	5,1	4,3	0,32	0,14	2,6	2,5	0,1	2,7	8,26	1,77	5,56	0,58	
Bt ₂	46-115	5,0	4,1	0,33	0,12	2,3	2,6	0,1	2,4	7,75	1,83	5,35	0,47	
P5 - Latossolo Amarelo distrófico - Itinga														
A ₁	0-20	4,5	4,1	0,04	0,06	1,2	0,9	1,5	3,4	5,59	26,8	2,19	1,25	
AB	20-30	4,2	3,9	0,02	0,03	0,4	0,5	1,3	2,7	3,65	35,6	0,95	0,85	
BA	30-60	4,7	4,1	0,02	0,04	0,3	0,4	1,4	2,4	3,16	44,3	0,76	0,35	
Bw ₁	60-100	4,5	4,3	0,02	0,04	0,2	0,5	0,4	1,5	2,25	17,8	0,75	0,19	
P6 - Podzol - Serra da Sapucaia														
A	0-25	3,8	3,1	0,19	0,04	0,4	0,3	1,0	6,3	7,23	51,81	0,93	2,06	
E	25-50	4,2	3,6	0,04	0,01	0,0	0,1	0,1	0,6	0,75	40,00	0,15	0,31	
Bh	50-55	4,0	3,7	0,01	0,01	0,0	0,1	0,8	2,7	2,82	86,96	0,12	0,70	
P7 - Latossolo Vermelho Amarelo álico - Pedra Azul														
Ap	0-15	4,2	4,0	0,02	0,05	0,0	0,1	2,5	15,9	16,60	93,9	0,16	5,73	
Bw ₁	60-120	4,2	4,2	0,08	0,01	0,0	0,1	0,5	4,5	4,69	71,9	0,19	0,94	
Bw ₂	120-150	4,3	5,0	0,0	0,01	0,0	0,1	0,0	1,8	1,91	0,0	0,11	0,39	

Quadro 2: Resultado da textura da TFSA, cor (seca), segundo Münsell (1994), e mineralogia de argila, pelo DRX, dos solos.

Table 2: Fine-earth texture, colour and clay mineralogy of the soils.

Hor.	Cor	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Arg.	Mineralogia Argila	Relação Silte/Arg.
%							
P1 - Podzólico Vermelho-Escuro - Turmalina							
	7.5YR4/4	6	38	18	38	Ka > Illi > VHE	0,47
	2.5YR4/4	4	31	19	46	Ka > Illi > VHE	0,41
	2.5YR5/8	3	32	18	47	Ka > Illi > VHE	0,38
BC	2.5YR6/8	4	46	17	33	Ka > Illi > Illi-Esm > VHE > Goet	0,52
C	2.5YR6/8	3	47	19	31	Ka > Illi > Illi-Esm > VHE > Goet	0,61
P2 - Latossolo Vermelho-Amarelo - Turmalina							
A	10YR4/2	30	4	4	62	Ka > Gibb > Goet	0,06
AB	5YR5/6	27	5	8	60	Ka > Gibb > Goet	0,13
BA	5YR5/8	27	4	2	67	Ka > Gibb > Goet	0,03
Bw	5YR6/8	27	5	3	65	Ka > Gibb > Goet	0,05
P3 - Aluvial Solódico - Itaobim							
A	10YR7/2	3	3	27	57	Ka > Illi	0,47
	10YR7/4	1	1	28	70	Ka > Illi	0,40
	10YR8/2	0	4	49	47	Ka > Illi > Esm	1,04
P4 - Podzólico Vermelho-Amarelo - Jequitinhonha							
A	10YR5/3	36	28	11	25	Illi = Ka > Verm > Goet > Esm	0,44
	7.5YR5/6	22	20	11	47	Illi = Ka > Verm > Goet > Esm	0,23
	5YR5/4	18	18	9	55	Illi = Ka > Verm > Goet	0,16
P5 - Latossolo Amarelo - Itinga							
	10YR 4/3	25	20	14	41	--	0,34
AB	10YR 6/2	22	18	13	47	--	0,27
BA	10YR7/6	7	14	20	59	Ka > Gibb > Ill	0,34
	10YR7/8	12	10	25	53	Ka > Gibb > Ill	0,47
P6 - Podzol - Serra da Sapucaia							
A	2.5Y5/0	76	18	2	4	Ka > Qtz (traços)	0,50
E	10YR4/2	86	13	0	1	Ka > Qtz (traços) > Gibb	0,00
Bh	2.5Y7/10	91	5	0	4	Ka > Qtz (traços) > Rutilo	0,00
P7 - Latossolo Vermelho-Amarelo álico - Pedra Azul							
Ap	10 YR3/4	40	7	10	43	Ka >> Goet = Gibb	0,23
	7,5YR6/8	36	3	2	59	Ka >> Goet = Gibb	0,03
	7,5YR7/8	30	3	6	61	Ka >> Goet = Gibb	0,10

Símbolos: Ka = caulinita; Illi = illita; VHE = vermiculita com hidróxi entrecamadas; Esm = esmetita; Verm = vermiculita; Goet = goethita; Qtz = quatzó; Gibb = gibbsita

(RADAMBRASIL 1976) ou solos do tipo Rubrozem, descritos em Curitiba (Bramão & Simonsen 1956; Lima 1974; Oliveira *et al.* 1992). Com base no fracionamento da MOS (Quadro 5), foi observada redução acentuada dos valores de humina de A até BC, como também um ligeiro aumento dos ácido fúlvicos de Bt₂ a BC, o que sugere participação destas frações mais móveis no processo de podzolização e mobilização de quelatos per descendum.

O caráter alóctone dos materiais sobrejacentes ao 2BC é mais claramente entendido na abordagem pedogeomorfológica mais abrangente. Pode-se supor que, durante os períodos de chuva mais concentrada, após longas estiagens em condições de aridez mais pronunciadas que as atuais, os materiais intemperizados de xistos mais ricos a montante desceram por movimentos de massa, recobrando perfis truncados de xistos já parcialmente decompostos ou rocha alterada. Em fase mais úmida posterior, a pedogênese originou um Bt típico, com estrutura em blocos muito forte e bem expressa e cerosidade abundante. A atividade biológica desempenhou papel aí preponderante na gênese da estrutura, o que foi observado pela extensa rede de canais biológicos nos primeiros 70 cm de solo.

Nos rebordos das chapadas e nos pedimentos, onde afloram rochas do grupo Macaúbas ou do embasamento granítico-gnáissico, ocorrem áreas de Podzólicos (PE e PV), eutróficos Ta e Tb (MINISTÉRIO..., 1970), com transições para Bruno não-cálcico, cascalhentos (com presença de pavimento desértico). No perfil P₄, o Podzólico Vermelho-Amarelo do Jequitinhonha, observou-se o caráter eutrófico por todo o perfil (Quadro 1), ainda que associado a argilas de atividade menor que 19 cmol/kg, sugerindo natureza basicamente caulínica (Quadros 1 e 2). Contudo, os DRX mostram picos evidentes de minerais 2:1 (Quadro 2), que, neste caso, podem possuir baixa densidade de carga ou estar associados com óxidos de ferro e alumínio (Oades, 1984; Barnhisel e Bertsch, e 1989). Os teores de Fe pelo ataque sulfúrico são baixos (entre 4,5 e 6,7) e os valores de Ki de 2,91 a 2,46 indicam solos mais caulínicos, à semelhança do PE Tb de Turmalina (P₁) (Quadro 3).

Com base no fracionamento da MO (Quadro 5), observa-se a mesma tendência ao aumento relativo da fração fúlvica em profundidade, acompanhando a redução da humina e dos ácidos húmicos, o que indica que os ácidos fúlvicos participam do processo de podzolização, mobilizando formas pouco cristalinas de Fe e favorecendo a argiluviação.

Nas áreas sedimentares rebaixadas, dissecadas ou não, a superfície Terciária forma colinas convexas, ligeiramente tabulares, situadas a cavaleiro dos principais rios da região, onde ocorrem Latossolos Amarelos (MINISTÉRIO..., 1970). Essas colinas e os tabuleiros de pequena expressão são formados por sedimentos Terciários, correlacionáveis ao Grupo Barreiras, separados por desníveis erosivos da superfície Quaternária mais nova, ao longo das planícies e dos

Quadro 3: Resultados das análises do ataque sulfúrico da TFSA.

Table 3: Chemical analysis of the sulfuric extract-fine eart.

Hor.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Ki
Ataque Sulfúrico (dag kg⁻¹)						
P1 - Podzólico Vermelho-Escuro - Turmalina						
A ₁	13,10	9,40	4,76	0,755	0,07	2,36
Bt ₁	16,30	13,10	6,50	0,84	1,04	2,11
Bt ₂	17,60	14,50	6,60	0,83	0,03	2,06
P2 - Latossolo Vermelho-Amarelo - Turmalina						
A	16,40	20,90	4,20	1,10	0,04	1,33
BA	17,76	22,17	4,80	1,20	0,03	1,36
Bw	19,00	22,50	4,20	1,25	0,03	1,43
P4 - Podzólico Vermelho-Amarelo - Jequitinhonha						
Bt ₁	9,90	5,80	4,50	0,74	0,08	2,91
Bt ₂	16,10	11,10	6,70	0,85	0,05	2,46
P6 - Latossolo-Amarelo - Itinga						
BA	14,9	12,8	2,10	0,40	0,02	1,98
Bw ₁	18,7	17,9	2,65	0,4	0,02	1,78
P6 - Podzol Serra da Sapucaia						
Bh	1,90	Bh	0,50	0,14	0,02	10,85
P7 - Latossolo Vermelho-Amarelo - Pedra Azul						
Bw ₁	16,5	18,9	7,7	0,89	0,03	1,48

terraços aluviais. Nos morrotes e nas colinas elevados ocorrem Latossolos Amarelos (perfil P₅), enquanto nos terraços e nas planícies aluviais predominam solos Aluviais Solódicos (perfil P₄) e Solonetz Solodizado.

O Latossolo Amarelo (perfil P₅) apresentou características semelhantes ao LA dos tabuleiros, inclusive com relação ao grau de coesão, mas o exame visual da fração grosseira (areia grossa e cascalho) revelou a presença de feldspato e quartzo, predominando o último. A mineralogia foi predominantemente caulínica, embora ocorram gibbsita e illita na fração argila, o que constitui uma peculiaridade desses solos, em contraste com outros LA dos tabuleiros, tipicamente caulínicos (EMBRAPA, 1995). Este fato sugere uma herança de pré-intemperismo do desmonte das chapadas próximas, em condições climáticas mais áridas. Os índices Ki desse solo, entre 1,78 e 1,98, sugerem a natureza caulínica, com valores mais elevados que os Latossolos Vermelho-Amarelos estudados, cujos valores de Ki são inferiores a 1,43 (Quadro 3).

Nas porções mais baixas, ocorrem faixas aluviais do Jequitinhonha e de seus afluentes maiores, com solos aluviais, arenosos a argilosos, sendo os últimos frequentemente afetados por sódio, em virtude do regime pedoclimático. Próximo ao trevo de Itaobim, junto à BR-116, foi amostrado um perfil de Aluvial Solódico, junto à drenagem do ribeirão São João (perfil P₄). A seqüência de horizontes A-Cg é marcada pelo desenvolvimento de estrutura colunar bem desenvolvida, embora com teores de Na⁺ trocáveis

Quadro 4: Ferro extraído na fração argila, por ditionito-citrato-bicarbonato e oxalato de amônio ($\mu\text{g/g}$ argila), teores de Fe_2O_3 da fração argila, pelo DCB, e relação Oxa/DCB calculada ($\times 10$).

Table 4: Fe-extracted from clay, by Dithionite-citrate-bicarbonate and ammonium-oxalate ($\mu\text{g/g}$ clay) and calculated relationships ($\times 10$).

Hor.	DCB ($\mu\text{g/g}$)	Oxalato ($\mu\text{g/g}$)	DCB Fe_2O_3 (dag kg^{-1})	Relação Oxa/DCB ($\times 10$)
Concentração de Ferro				
P1 - Podzólico Vermelho Escuro - Turmalina				
A 1	41917,67	2476,67	11976,19	0,06
Bt 1	63250,00	404,93	18071,43	0,006
Bt 2	59916,67	696,80	17119,05	0,012
BC	66583,33	406,73	19023,81	0,006
C 1	66416,67	532,13	18976,19	0,008
P2 - Latossolo Vermelho-Amarelo - Turmalina				
AB	25920,00	701,80	7405,71	0,027
BA	27510,30	514,00	7860,00	0,019
Bw 1	27793,33	340,87	7940,52	0,012
P3 - Aluvial Solódico - Itaobim				
A	14486,67	831,67	4139,48	0,06
C ₁	20370,00	334,47	5820,00	0,016
C ₂	17423,33	529,27	4978,09	0,03
P4 - Podzólico Vermelho-Amarelo - Jequitinhonha				
A	35776,67x	634,67	10221,9	0,018
Bt 1	34250,00x	491,13	9785,71	0,014
Bt 2	35166,67	481,93	10047,62	0,014

inferiores a 20%, inferior ao limite para horizonte nátrico (Quadro 1). Além disso, a mineralogia de argila mostra dominância de caulinitas, com alguma illita e traços de esmectita em Cg2 (Quadro 2); em virtude da pouca expressão da atividade da argila e de sua pouca expansibilidade, ocorre o desenvolvimento de estrutura colunar, mesmo com teores relativamente baixos de Na^+ trocáveis (Schaefer 1995; Schaefer & Dalrymple 1995). Como os teores de Mg^{2+} trocáveis são bem mais elevados que os de Ca^{2+} , é possível que este cátion também contribua na dispersão de colóides, e assim favoreça a gênese de estrutura colunar, como reportado por Schaefer & Dalrymple (1996) para solos de natureza semelhante, especialmente onde os teores de silte são elevados (49% em Cg) (Quadro 2).

Solos das serras e chapadas

Em posição cimeira na paisagem regional, nas cotas mais altas da Serra da Sapucaia, em altitudes superiores a 1.200 m, identificou-se um possível remanescente da superfície Cretácea (Rennó 1974), provavelmente um residual quartzítico na forma de monadnock. Nessa paisagem elevada ocorrem podzóis pouco profundos, cascalhentos, desenvolvidos de quartzitos de grãos-grosseiros, em que a formação do Bh se deu em

condições de temperaturas mais amenas (clima Cwb-Köppen). O controle geotectônico e estrutural da paisagem é explícito, pois as cotas mais elevadas da serra compreendem exclusivamente as litologias quartzíticas, deslocadas por falhas normais que realçam a proeminência desses residuais (Figura 3). Assim, esses monadnocks não representam restos de superfície cretácea, e nem existem níveis de cimeira correlatos que possam evidenciar esta suposta superfície de aplainamento.

Os Podzóis, entre os primeiros descritos no Brasil (MINISTÉRIO... 1970), são normalmente rasos, cascalhentos, onde a formação do horizonte Bh acompanha o fraturamento do saprolito quartzítico, com a matéria orgânica iluviada, ocupando bolsões e lentes descontínuos ao longo de pequenas diáclases e fraturas e encobrindo grãos.

O aumento dos teores de carbono orgânico em subsuperfície é devido à MO iluviada (Quadros 1 e 5) (quelatizada com compostos de Fe e Al), movimentados “per descendum” e concentrados sobre uma camada altamente silicificada, cascalhenta e dura do saprolito quartzítico. Não há, contudo, uma tendência nítida de aumento dos ácidos fúlvicos de A para Bh, pois grande parte da MO foi imobilizada em suspensão,

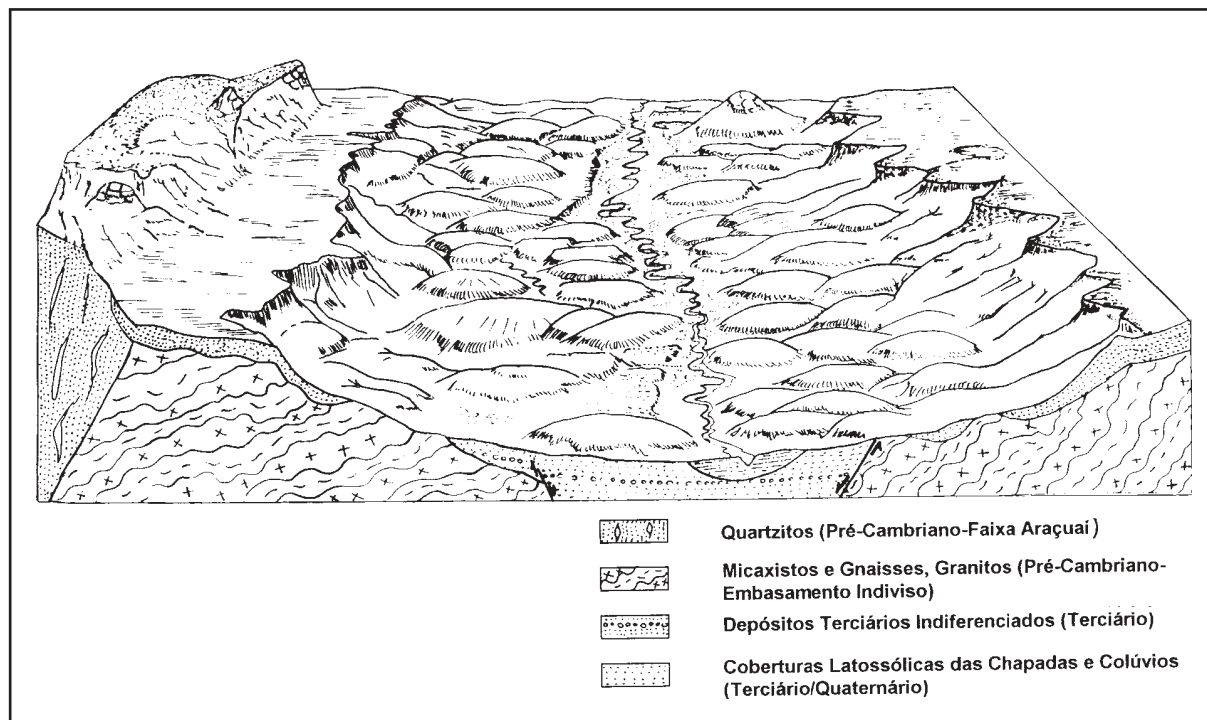


Figura 3: Bloco diagrama esquemático da área entre Jequitinhonha (fundo do vale, ao centro) e Pedra Azul (esquerda).

Figure 3: Block-diagram of the area between the Jequitinhonha City, at the bottom-valley, and the Pedra Azul Tableland, at the left.

o que pode ser verificado pelos teores mais ou menos constantes das frações húmicas (Quadro 5) e mesmo pelo ligeiro aumento da humina no Bh. Há, neste caso, um forte controle litológico sobre a pedogênese, que parece depender da natureza particular deste quartzito, com grau de metamorfismo muito elevado e grãos grosseiros. O solo apresenta níveis de nutrientes muito baixos, sendo invariavelmente álico, onde os teores de MO são mais elevados (Quadro 5). Os teores maiores de Na^+ e K^+ trocáveis em superfície podem ser devido a aportes desses cátions pelas chuvas, mais frequentes nesta altitude.

Em nível inferior e embutida, ocorrem vastas chapadas cuja idade provável seja Terciária (Paleógena), em cotas regulares de 800 a 900 m, e ligeiramente basculadas para o leste ou sudeste, relacionadas aadi à superfície sul-americana (Saadi, 1995). Nessa superfície, ocorrem Latossolos Vermelho-Amarelos com A proeminente ou moderado (UFV, 1980). Nas bordas das chapadas, essa superfície forma escarpas erosivas abruptas com cornijas lateríticas, ou pedimentos que se ligam aos níveis embutidos inferiores, da superfície Velhas.

No caso dos Latossolos das chapadas, tanto o perfil P_2 (LV de Turmalina) quanto o perfil P_7 (LV de Pedra Azul) apresentaram grande semelhança com relação às características químicas, físicas e mineralógicas (Quadros 2, 3 e 4). Ambos são predominantemente caulínicos, mas o LV de Pedra Azul apresentou teores de argila ligeiramente menores, sendo mais arenoso e menos gibbsítico que o LV de Turmalina (Quadros 2 e

3), o que possivelmente reflete uma origem sedimentar diferenciada para os materiais das chapadas de Pedra Azul e está em conformidade com o mapeamento do CETEC (1983). Talvez, estudos mais detalhados das relações gibbsita/caulinita nesses solos de chapadas possam, no futuro, subsidiar a identificação dos materiais de origem, quer sejam sedimentos terciários, caulínicos, quer sejam saprolitos de rochas cristalinas e metassedimentares, considerando cotas e condições pedobioclimáticas iguais. O índice Ki do LV de Turmalina apresentou valores entre 1,33 e 1,43, reflexo da natureza caulínica/gibbsítica do solo (Quadro 3). Estes valores estão consistentes com os valores de Ki encontrados nos LV das chapadas de Turmalina e Capelinha (UFV 1980).

No LV de Turmalina, o fracionamento da MO (Quadro 5) revelou redução em profundidade de todas as frações húmicas, especialmente humina e ácidos húmicos, embora estes últimos apresentassem aumento relativo em BA, atribuído à intensa ação biológica nesses solos. A redução relativamente menor dos ácidos fúlvicos em profundidade, em relação às outras frações, parece indicar um certo mecanismo de remoção de ferro associado com esta fração móvel, embora tal fenômeno não seja tão evidente em Latossolos (Benites 1998).

Resultados de espectrometria de plasma

Os resultados da análise total em TFSA pela espectrometria de plasma (Quadro 6) mostraram que os teores de Fe_2O_3 variaram de muito baixo, no Podzol da Serra da Sapucaia (< 1 %), até valores de 8,30% em

Quadro 5: Fracionamento e Quantificação da Matéria Orgânica.

Table 5: Fractionation and Quantification of soil organic matter.

Amostra	Á. Fulvico	Á. Húmico	Humina	Total	rel. AH/AF	Mat. Org.
(dag Kg ⁻¹)						
P1 - Podzólico Vermelho Escuro - Turmalina						
A	0,397	0,842	2,376	3,615	2,12	6,218
Bt ₂	0,143	0,281	0,223	0,647	1,96	1,113
BC	0,338	0,114	0,215	0,667	0,41	1,147
P2 - Latossolo Vermelho Amarelo - Turmalina						
A	0,715	0,905	1,419	3,039	1,26	5,227
AB	0,456	0,187	0,430	1,073	0,41	1,846
BA	0,206	0,312	0,255	0,773	1,51	1,330
P3 - Aluvial Solódico - Itaobim						
B	0,062	0,091	0,000	0,153	1,46	0,263
P4 - Podzólico Vermelho Amarelo - Jequitinhonha						
A	0,191	0,172	0,522	0,885	0,90	1,522
Bt ₁	0,426	0,152	0,491	1,069	0,35	1,839
Bt ₂	0,279	0,057	0,368	0,704	0,20	1,211
P6 - Podzol - Serra da Sapucaia						
A	0,171	0,244	0,111	0,526	1,43	0,905
Bh	0,176	0,286	0,215	0,677	1,62	1,164

Bt₂ do PVe Tb, do Jequitinhonha. O teor de Fe₂O₃ do horizonte Bw do LV da Chapada de Minas Novas foi de cerca de 4,5%. Os teores de óxidos de Ti são baixos, seguindo a tendência geral de solos desenvolvidos de rochas mais félsicas e ácidas. Os teores de óxidos de cálcio e magnésio foram, em geral, muito baixos, especificamente no LV e no Podzol. Os valores de magnésio mais elevados nos solos podzólicos de Turmalina (PVe Tb) e Jequitinhonha (PV e Tb) revelaram possuir reserva maior de magnésio que de cálcio, fato aliás comum em solos jovens desenvolvidos de xistos ou gnaisses, ricos em biotita. No PV do Jequitinhonha foram encontrados valores mais altos de Na₂O, possivelmente como consequência da presença de algum plagioclásio sódico nas frações mais grosseiras. No Aluvial Solódico, além do sódio alocável à albita, é possível que parte se deva a algum sódio intercambiável mais alto (1,54% Na₂O em Cg), onde ocorre estrutura colunar bem evidente.

Micropedologia

No Podzólico Vermelho-Escuro Tb de Turmalina, a forte estrutura em blocos subangulares, observada no campo, não se mostrou tão evidente em seção-fina, sendo classificada como incompleta, por causa da pouca

conexão entre os poros maiores. Foi ainda observada a presença de zonas de estrutura granular, subordinadas.

Na superfície dos pedos maiores, foram observadas feições de iluviação abundante, bem desenvolvidas (Figura 4A), de argilãs orientadas, com domínios com fortes cores de interferência entre luz polarizada. A partir desta constatação, foram separados alguns pedos com cerosidade evidente, os quais foram montados em disco de alumínio e recobertos com ouro, sendo posteriormente analisados em alta resolução, por meio de microscópio eletrônico de varredura, em escalas submicroscópicas. A superfície dos canais e das faces livres dos agregados mostra feições iluviais características de solos com B textural com cerosidade, como ilustra a Figura 4G (Khalifa & Buol 1968; Fitzpatrick 1993; Schaefer 1994; Vidal-Torrado & Lepsch 1993; Moniz *et al.* 1994; Dechen *et al.* 1994; Schaefer *et al.* 1995; Schaefer 1996^{a,b}).

Notou-se, contudo, a ausência de “ridge-like cutans”, como descritos por Schaefer (1995^{a,b}), Suddhiprakarn & Kheoruenromne (1994) e Sullivan & Koppil (1994), para outros solos com B textural. Nesse horizonte Bt₁ foram observadas, ainda, feições pedobiológicas abundantes, na forma de preenchimento de canais termíticos por pelotas fecais, pedotúbulos e

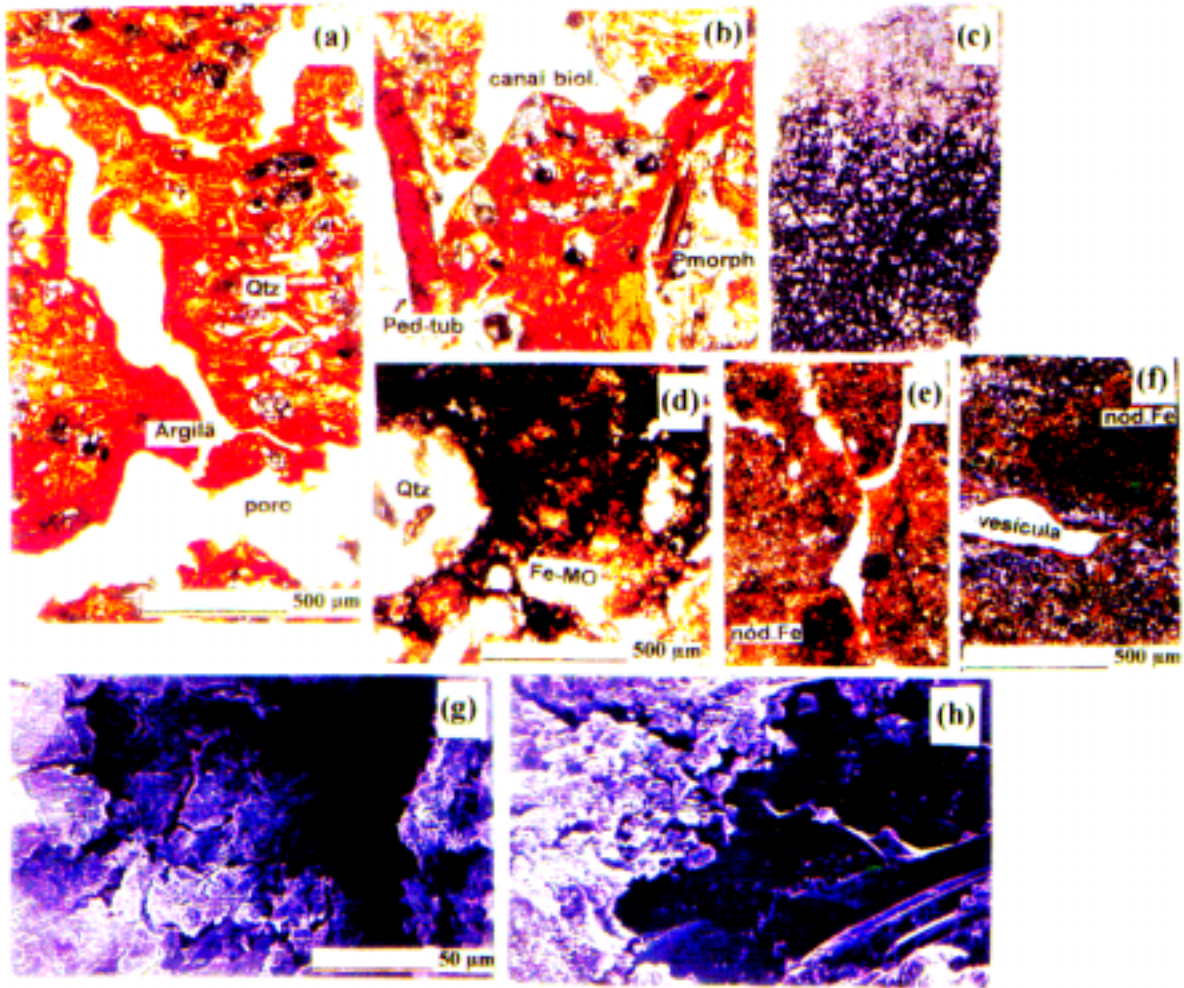


Figura 4: (A) horizonte Bt_2 do Podzólico Vermelho Escuro de Turmalina (P1), mostrando fotomicrografia do contato interpedal, com desenvolvimento de argilãs sobre a superfície dos pedis; (B) idem anterior (P1), mostrando canal biológico, com fácies de preenchimento argiloso, fragmentos de pseudomorfs de biotita e pedotúbulo, evidenciando a ação biológica intensa no Bt ; (C) foto da seção-fina, em escala 1:1, do contato E/Bh-Bs do Podzol (P6); (D) fotomicrografia do horizonte Bh de P6, com plasma ferruginoso, na zona de acúmulo de quelatos organominerais Fe-MO em Bs, parte inferior do Bh; (E) fotomicrografia do horizonte Cg de Aluvial Solódico (P3), mostrando os poros com incipiente desenvolvimento de argiluviação e sinais de desferrificação e gleização do plasma argilo-siltoso; e (F) horizonte Cg de Aluvial Solódico (P3), ilustrando um nódulo e a presença de vesícula recoberta de argilã delgado, orientado, possivelmente relacionado à dispersão de argila em subsuperfície. (G) ilustra detalhes submicroscópicos em MEV, da superfície dos agregados do horizonte Bt_2 do P1, evidenciando a cerosidade com argilãs orientadas e microfraturadas; (H) fotomicrografia em MEV da superfície do grão de quartzo em Bs (P6), com quelatos Fe-MO recobrindo o grão.

Figure 4: (A) Bt_2 horizon of the dark-red podzolic from Turmalina (P1), showing a photomicrograph of the interpedal contact, associated with clay cutans on the peds surface; (B) same as above (P1), showing biological channels with clay infillings, biotite pseudomorphs and fragments of pedotubules, illustrating the intense biological activity of this soil; (C) Photographs of the slide, at 1:1 scale, of the contact E/Bh-Bs from the Podzol (P6); (D) photomicrograph of the Bh horizon (P6), with ferruginous matrix, with organic Fe-MO chelates in the Bs, in the bottom of the Bh; (E) photomicrograph of the Cg horizon from the solodic alluvial soil (P3), showing pores with incipient development of clay cutans, signs of desferrification and gleying of the silty-clayey matrix; (F) Cg horizon slide (P3), showing a nodule and the presence of a thin, oriented cutan on the vesicle surface, related to clay dispersion in the top soil; (G) submicroscopic (SEM) detail of the aggregate surface of the Bt_2 horizon (P1), with details of the oriented, microfractured cutans; and (H) SEM picture of the Quartz grain surface from the Bs (P6), showing Fe-MO chelates covering the grain.

Horizonte	Elementos Corrigidos para Forma de Óxidos						
	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
P1 - Podzólico Vermelho-Escuro - Turmalina							
BC	7,43	17,78	0,82	0,54	0,30	1,13	1,80
C ₁	6,16	14,63	0,82	0,47	0,19	1,09	0,04
P2 - Latossolo Vermelho-Amarelo - Turmalina							
AB	4,59	27,54	1,62	0,11	0,17	0,94	0,07
BA	2,28	13,29	0,73	0,10	0,21	0,93	0,05
Bw	4,51	28,63	1,49	0,09	0,10	0,92	0,07
P3 - Aluvial Solódico - Itaobim							
A	4,71	30,23	1,57	0,09	0,12	0,89	0,07
C	4,03	30,28	0,54	0,29	0,24	1,54	2,10
P4 - Podzólico Vermelho-Amarelo - Jequitinhonha							
A	4,76	12,11	1,00	0,72	0,55	1,87	2,40
Bt ₁	6,97	15,15	1,06	0,98	0,35	1,87	2,70
Bt ₂	8,30	17,79	1,04	1,20	0,37	1,54	2,40
P5 - Latossolo-Amarelo - Itaobim							
Bw ₂	2,90	19,1	0,50	0,10	0,20	1,35	1,20
P6 - Podzol Serra da Sapucaia							
E	0,32	***	0,26	0,09	0,17	0,90	0,04
Bh	0,61	***	0,21	0,09	0,16	0,92	0,03

Quadro 6: Resultado da análise do plasma de alguns horizontes selecionados
Table 6: Plasm analysis results of selected horizons

nódulos ferruginizados (Figura 4B), que penetram a matriz típica de BC, rica em pseudomorfos de caulinita e fragmentos de quartzo e feldspatos arestados, o que indica um baixo grau de intemperismo desse solo. Esse retrabalhamento biológico ativo parece ser um fenômeno importante na transformação de BC em Bt. Nas partes superiores. As observações da superfície dos argilãs em microscópio eletrônico revelaram os filmes de argila orientados (Figura 4G), com fraturamento submicroscópico bem caracterizado, a exemplo de outros solos com B textural com cerosidade aparente, estudados (Stoops 1970; Sullivan & Koppi 1994; Dechen *et al.* 1994; Schaefer 1995^{a,b}). A argila orientada apresentou feições de descolamento e textura de degradação, o que sugere certa sazonalidade do processo, com ciclos de umedecimento e secagem característicos dessas classes de solos. Grande parte dos canais interpedais é irregular, de origem biológica, e as zonas de concentração plásmica, saturadas (parte degradada) podem corresponder a canais de condução de diâmetro maior (> 50 cm) preenchidos por material argiloso iluvial, misturado a grãos de quartzo e micas.

No horizonte Cg do Aluvial Solódico, ocorrem

abundantes canais interpedais, com presença de filmes de argilãs, descontínuos, cobrindo poros de condução (Figura 4E), e vesículas (Figura 4F). O plasma é siltoso, com alguns grãos de areia fina do esqueleto dispersos em matriz anisotrópica. A estrutura em blocos é incompleta e massiva, especialmente onde a coloração do plasma é bruno-acinzentada, com presença de zonas mosqueadas de acumulações ferruginosas (nódulos macios), indicando processo de hidromorfismo acentuado em Cg, a exemplo do descrito por Bullock *et al.* (1985) e Dechen *et al.* (1994) (Figura 4E).

No horizonte Bt do PV, Tb do Jequitinhonha, a matriz fortemente anisotrópica é dominada por zonas plásmicas saturadas, à semelhança do horizonte Bt₂ do PVe de Turmalina, mas com maior abundância de grãos de quartzo, arestados e em tamanho de areia grossa. Relictos de micas e fragmentos carbonizados são comuns. Todos os grãos do esqueleto estão mergulhados nesse plasma argiloso, orientado, com evidentes sinais de intensa bioturbação. A estrutura em blocos forte, descrita no campo, não foi verificada em seção-fina, cujo padrão corresponde à composta massiva com canais irregulares (Fitzpatrick 1993). Esses canais

apresentam pouca conexão entre si, apesar da existência de vazios abundantes. Essa aparente contradição entre a morfologia e a micromorfologia é merecedora de maiores estudos em horizontes Bt.

No contato do horizonte E/Bh do Podzol da Serra da Sapucaia, foram observadas feições micropedológicas características da espodização (Figura 4C): estrutura do tipo “coat e bridge” (Figura 4D), envolvendo grãos de quartzo grosseiros e arestados; organãs recobrimdo as faces dos grãos do esqueleto, com microfraturamento (Figura 3D); ortede e zonas de acumulações de quelatos organo-ferruginosos, na parte inferior do Bh, devendo corresponder a um estágio incipiente de formação do Bs (Andriessse 1968; Buurman 1984; Fitzpatrick 1993; Condrón & Rabenhorst 1994; Schaefer *et al.* 1997; Benites 1998).

As zonas tipicamente ferruginizadas ou orgânicas foram observadas em microscópio eletrônico de varredura, separando-se os grãos de quartzo maiores do esqueleto, formando pseudo-agregados fortemente cimentados. Na Figura 4H, pode ser observado o tipo de padrão encontrado em zonas ferruginizadas, onde os quelatos de matéria orgânica e ferro concorrem para a textura rugosa “encarçada”, cobrindo com uma camada delgada a superfície lisa do grão. A superfície lisa do grão de esqueleto mostra o desenvolvimento de acumulação organomineral incipiente, com tendência ao microfraturamento. Em seus estudos, Oades *et al.* (1989) concluíram que os óxidos cristalinos possuem menos matéria orgânica associada do que os óxidos mais amorfos. Estas informações contribuem para enfatizar a importância das relações organominerais em Podzóis.

RESUMO E CONCLUSÕES

Há uma considerável variabilidade de solos na região do médio vale do Jequitinhonha, como o reflexo de uma combinação de fatores, principalmente relevo (geoforma), clima e condicionantes geológicos (litologia e tectônica).

Ocorre a presença de coberturas vegetais do tipo caatinga, mesmo sobre solos muito pobres e intemperizados (LA coesos, por exemplo), o que demonstra a natureza poligenética da paisagem.

Os solos, mesmo quando eutróficos e mais jovens, apresentam argilas de baixa atividade. As condições pedoclimáticas distintas das atuais podem ser invocadas para explicar o cenário geomorfo-pedológico regional.

A pobreza dos solos das chapadas e serras, via de regra caulínticos e gibbsínticos, forma um contraste notável à maior riqueza em nutrientes das áreas mais dissecadas, formando um cenário onde a morfotectônica exerce papel destacado no rejuvenescimento da paisagem e na gênese dos solos.

Com base na micropedologia, foi possível estudar em detalhe as feições de espodização no horizonte Bh do Podzol da Serra da Sapucaia, distintas dos processos

clássicos em Podzóis, com movimentação de materiais recalcitrantes de maior peso molecular, huminas e ácidos húmicos, ao longo de microfraturas no quartzito. Foi verificado, ainda, que os solos com cerosidade e estrutura em blocos forte não apresentaram feições iluviais tão desenvolvidas, em nível microscópico, mas sim indícios de sua presença, em nível de submicroscópico. Tal fato demonstra a importância de se trabalhar em várias escalas (macro a submicro) para consubstanciar as evidências pedológicas relacionadas com processos de formação de solos, específicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIESSE, J.P. A study of the environment and characteristics of tropical Podzols in Sarawak (East-Malaysia). *Geoderma*, v.2, p.201-227, 1968.
- BARNHISEL, R.I., BERTSCH, P.M. Chlorites and hydroxy-interlayered vermiculite and smectite. In: DIXON, J.B., WEED, S.B. (Eds.) *Minerals in soil environments*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1989. p.729-788.
- BATISTA, R.B. Anisotropia em solos de alguns ecossistemas brasileiros e sua implicação na utilização agrícola. Viçosa-MG: Imprensa Universitária, 107p. 1977.
- BENITES, V.M. Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica e suas relações com a gênese de solos da Serra do Brigadeiro, Zona da Mata mineira. Viçosa-MG: UFV. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- BRAMÃO, P.L., SIMONSEN, R.S. Rubrozem - a proposed great soil group. In: *Sci. du Solo*, Paris, v.4, p.25-29, 1956.
- BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERUS, A. et al. *Handbook for soil thin section description*. Wolverhampton: Waine Research publications, 1985.
- BUURMAN, P. Podzols. Stroudsburg: Benchmark Papers in Soil Science, v.3, 1984. 175p.
- CETEC - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Projeto Estudos Integrados do Vale do Jequitinhonha. Rel. Geol. Final. Belo Horizonte: CETEC. 1983. (inéd.).
- COLEMAN, N.T., HARWARD, M.E. The heats of neutralization of acid clays and cation exchange resins. *J. Am. Chem. Soc.*, v.75, p.6045-6046, 1953.
- CONDRO, M. A.; & RABENHORST, M.C. 1994. Micromorphology of spodic horizons in a Psamment-Aquod toposequence on the Atlantic coast of Maryland, USA. In: A.J. Ringrose-Voase and G.S. Humphreys (editors), *Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis*, Elsevier, Amsterdam, pp 179-186.
- DECHEN, S.C.F.; DEMATTÊ, J.L.I. & MARCONI, A. 1994. Caracterização granulométrica e mineralógica de três perfis de solos desenvolvidos do arenito Bauru, no Estado de São Paulo. *R. bras. Ci. Solo* 18(3): 499-511.
- EMBRAPA, 1995. IV Reunião de Classificação, Correlação e aplicação de levantamentos de solos, Anais, Rio de Janeiro; EMBRAPA:CNPS, 1995. 157p.
- EMBRAPA, CNPS. 1997. Manual de Métodos de Análises do Solo (2ª edição). Ministério da Agricultura e Abastecimento, Rio de Janeiro. 212p.
- ESWARAN, H. 1968. Point-count analysis as applied to soil micromorphology. *Pedologie*, XVIII, 2:238-252.
- FITZPATRICK, E.A. 1993. *Soil Microscopy and Micromorphology*. John Wiley, Chichester.
- GUIMARÃES, A. P. 1960. Estudo geográfico do vale do Médio Jequitinhonha. Imprensa Oficial, Belo Horizonte. 316 p.
- KHALIFA, E.M. & BUOL, S.W. Studies of clay skins in a Cecil (typic Hapludult) soil: I. Composition and genesis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 32857-861, 1968.
- KINNIBURGH, D. G.; JACKSON, M. L. Cation adsorption by hydrous metal oxides and clay. 91 – 160. Chapter 3. In ANDERSON, M. A.; RUBIN, A. J. (ed) *Adsorption of*

- inorganics at solid-liquid interfaces. Ann Arbor Science Press. Ann Arbor. MI. 1981
- LIMA, V.C. Estudo pedológico de perfis de solo do grande grupo Rubrozém da Bacia de Curitiba, PR. Dissertação de Mestrado ESALQ-USP, Piracicaba. 1974.
- McKEAGUE, J.A. & DAY, J.H. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in Differentiating various classes of soils. Can. J. Soil Sci., 45: 13-22, 1966.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Levantamento de reconhecimento dos solos da Zona do Médio Jequitinhonha, Minas Gerais. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, Rio de Janeiro, 1970. 340p. (Boletim Técnico, 9).
- MONIZ, A.C.; MANFREDINI, S. & DEMATTÊ, J.L.I. Variações morfológicas, mineralógicas e hídricas em Terra Roxa estruturada ao longo de uma vertente em Rio das Pedras (SP). R. bras. Ci. Solo 18(3): 513-520. 1994.
- OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. Plant and soil 76: 319-337. 1984
- OADES, J.M.; GILMAN, G.P.; UEAHARA, G. Interaction of soil organic matter and variable-charge clays. In: COLEMAM, D.C.; OADES, J.M.; UEAHARA, G. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Nifal, Hawaii, 1989. 249p
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. Classes gerais de solos do Brasil: Guia auxiliar para reconhecimento. 201p. FUNEP. 1992.
- PARFITT, R. L.; FRASER, A. R.; RUSSEL, J. D.; FARMER, V. C. Adsorption of hydrous oxides. II. Oxalate, benzoate on gibbsite. J. Soil Sci. 28:40-47, 1977.
- RADAMBRASIL. Folha SC 19 Rio Branco. Pedologia. Rio de Janeiro, DNPM (Levantamento de Recursos Naturais).
- RENNÓ, C.V. Uso de imagens de Radar no Mapeamento de Superfícies de Aplainamento: Um exemplo do nordeste de Minas Gerais. Anexos do projeto RADAM. Comunicações do 3º Congresso Brasileiro de Geógrafos, Belém, 1974, Fundação IBGE, pp I/32-I/37.
- SAADI, A. Geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. Geonomos 3(1): 41 – 63.1995.
- SCHAEFER, C.E.G.R. 1995. Micropedologia de uma sequência Latossolo-Podzólico de Viçosa, MG: Química e Morfologia da superfície de agregados dos horizontes Bw e Bt. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Ciência de Solo, (I) 372-374.
- SCHAEFER, C.E.R. 1995. Micropedologia de uma sequência Latossolo-Podzólico de Viçosa, MG. Química e Morfologia da superfície dos agregados de Horizontes Bw e Bt. Resumos expandidos (I): 374-377.
- SCHAEFER, C.E.R., LIMA, P.C; NASCIMENTO. 1995. Micromorfologia de Horizontes B de latossolos brasileiros. Resumos expandidos (III):1610-1613.
- SCHAEFER, C. 1996 Microstructure of Latosols as long-term biotic constructs. Trabalho completo 20pp publicado em CD ROM do Congresso Latino Americano de Ciência do Solo (Solo-Suelo, 1996)
- SCHAEFER, C. E. G. R. 1996. Relatório da Excursão de Pedologia ao Vale do Jequitinhonha e Norte de MG. (snp)
- SCHAEFER, C.E.G.R. and DALRYMPLE, J.B. 1995. Landscape evolution in Roraima, north Amazonia: Planation, Paleosols and Paleoclimates. Zeit. fur Geomorphologie, 39 (1):1-28.
- SCHAEFER, C. & DALRYMPLE, J.B. 1996. Pedogenesis and relict properties of soils with columnar structure from Roraima, North Amazonia. GEODERMA- 71-1-17.
- SCHAEFER, C.E.; BENITES, V.M., MARTIN NETO, L., MENDONÇA, E.S ESTUDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA IDENTIFICAÇÃO DE HORIZONTES B ESPÓDICOS. Congresso Brasileiro de Ciência do Solos, Rio 1997.(CD-ROM)
- SOULTANPOUR, P.V.; JOHNSON, G.W.; WORKMAN, S.M.; BENTON JONES, JR., J.; MILLER, R. Inductively coupled plasma emission spectrometry and inductively coupled plasma-mass spectroscopy. In : D. L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis, part 3 – Chemical methods, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. pp 91-140. 1996
- STOOPS, G. 1970. Scanning electron microscope applied to the micromorphological study of a laterite. Pedologie, 20(2):268-280.
- SUDDHIPRAKARN, A. & KHEORUENROMNE, I. 1994. Fabric features of laterites and plinthite layers of Ultisols in northeast Thailand. In: A.J. Ringrose-Voase and G.S. Humphreys (editors), Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis, Elsevier, Amsterdam, pp 51-64.
- SULLIVAN, L.A. & KOPPI, A.J. 1994. Submicromorphology of undulating lustrous-faced peds from some clayey soils. Soil Science 158(3): 218-223.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Levantamento de Reconhecimento, com Detalhes, de Solos de Chapadas do Alto Jequitinhonha. Sociedade de Investigações Florestais. Viçosa – MG. 1980.
- VIDAL-TORRADO, P. & LEPSCH, I.F. 1993. Morfogênese dos solos de uma toposequência com transição B latossólica/B textural sobre migmatitos em Mococa (SP). R. bras. Ci. Solo, Campinas 17(1)109-119.