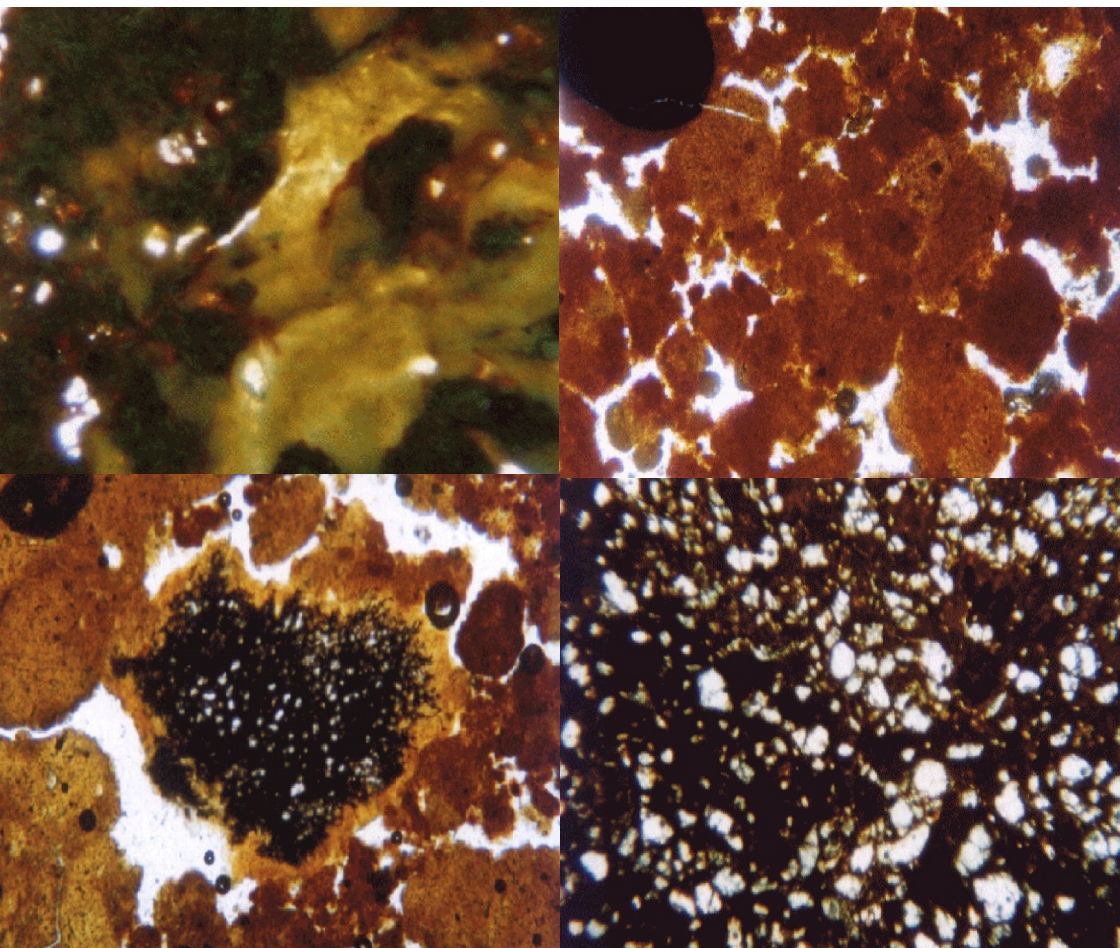


A Influência da Mineralogia na Evolução Micromorfológica do Colapso em Saprólito e Latosso





Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1676-918X

Dezembro, 2002

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 67

A Influência da Mineralogia na Evolução Micromorfológica do Colapso em Saprólito e Latosso

Fabício Bueno da Fonseca Cardoso
Éder de Souza Martins
José Camapum de Carvalho

Planaltina, DF
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Supervisão editorial: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Editoração eletrônica: *Jussara Flores de Oliveira*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Jaime Arbués Carneiro

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2002): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Cerrados.

C268i Cardoso, Fabrício Bueno da Fonseca

A influência da mineralogia na evolução micromorfológica do colapso em saprólito e latossolo / Fabrício Bueno da Fonseca, Éder de Souza Martins, José Camapum de Carvalho – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2002.

28 p.— (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 67)

1. Minerologia. 2. Pedologia - Cerrado. I. Martins, Éder de Souza. II. Carvalho, José Camapum. III. Título. IV. Série.

631.4 - CDD 21

© Embrapa 2002

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Caracterização dos Solos	7
Micromorfologia	10
<i>Mud flow</i>	11
Solo Saprolítico	19
Discussão	25
Proposta de Modelo de Evolução Micromorfológica do Colapso em Solos Tropicais Profundamente Intemperizados	26
Referências Bibliográficas	27

A Influência da Mineralogia na Evolução Micromorfológica do Colapso em Saprólito e Latossolo

Fabício Bueno da Fonseca Cardoso¹

Éder de Souza Martins²

José Camapum de Carvalho³

Resumo – Este trabalho mostra a aplicação de técnicas modernas de micromorfologia e mineralogia no desenvolvimento de um modelo evolutivo do colapso em solos tropicais profundamente intemperizados.

Termos para indexação: colapso do solo, micromorfologia, mineralogia.

¹ Geól., Dr., Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, CNPq, fbueno@cnpq.br

² Geól., Ph.D., Embrapa Cerrados, eder@cpac.embrapa.br

³ Eng. Civil, Dr., Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, camapum@unb.br

The Mineralogy Influence in the Micromorphological Evolution of the Collapse in Tropical Deeply Weathering Soils

Abstract – *This work exhibition the application of modern techniques of micromorphology and mineralogy in the development of an evolutionary model of the collapse in deeply weathering tropical soils.*

Index terms: collapse, micromorphology, mineralogy.

Introdução

Os estudos sobre a dinâmica dos processos na mecânica dos solos demandam, além dos ensaios convencionais, a utilização de técnicas que permitam a observação do arranjo espacial e as relações físicas, químicas e mineralógicas das unidades integrantes do material investigado.

Neste trabalho, demonstra-se a aplicação de métodos modernos da Ciência do Solo no estudo da evolução do colapso em solos tropicais, envolvendo aspectos micromorfológicos, geoquímicos e mineralógicos. Dos dados obtidos, foi possível propor um modelo evolutivo do colapso, indicando a grande potencialidade de utilização desses recursos em futuras pesquisas.

Outro objetivo foi o de mostrar a grande dependência do colapso em relação à gênese dos solos tropicais e desassociar o modelo criado para solos desenvolvidos em clima temperado que relacionam muitas vezes o colapso à origem ([Dudley, 1970](#)).

Caracterização dos Solos

Os solos estudados foram coletados em topossequência na região de Águas Claras em cortes da Companhia do Metropolitano do Distrito Federal (metrô) de Brasília. [Martins et al. \(1994\)](#) resumem os dados de campo, assumindo um modelo genético dos solos para a região. Entre os vários solos estudados, foram selecionados alguns tipos diferenciados quanto à origem e à gênese para o estudo de fenômeno de colapso. Neste trabalho, são apresentados dois solos que resumem de forma representativa os resultados obtidos durante a pesquisa, quais sejam: solo saprolítico, com espessura alcançando 100 m, desenvolvidos sobre metarritimitos (rochas com alternâncias centimétricas a métricas de material argiloso, siltoso e arenoso) e *mud flow*, com espessuras variando de alguns metros até 40 m, representando sedimentos que preenchem calhas antigas.

O clima da região, conforme classificação de Köppen, enquadra-se nos tipos tropical de savana e temperado chuvoso de inverno seco (Aw). A vegetação de

savana é típica do ecossistema Cerrado e encontrada em grandes extensões no Brasil Central. Os horizontes superficiais tanto sobre o solo saprolítico quanto sobre o *mud flow* pertencem ao grupo *Oxisols* e classe *Ustox* (Soil Survey Staff, 1975), sendo classificados como Latossolos Amarelos ([Embrapa 1999](#)).

As características físicas dos solos estão presentes nas [Tabelas 1](#) e [2](#). A identificação e a quantificação do colapso foram obtidas de ensaios oedométricos, a partir de carregamentos progressivos a 100 kpa e inundação posterior.

Os índices de colapso utilizados neste trabalho foram baseados em [Denisov \(1951\)](#) que os definiu como coeficiente de subsidência devido à inundação (**Rw**) e coeficiente de subsidência total (**Rt**) conforme as seguintes relações:

$$Rw = \frac{ep - ew}{1 + ep} \quad Rw = \frac{eo - ew}{1 + eo}$$

Onde: **eo** é o índice de vazios no estado natural do solo;

ep é o índice de vazios final sob a aplicação da pressão “p”; e,

ew é o índice de vazios depois da inundação sob a aplicação da pressão “p”.

Na Tabela 3, podem-se observar as características químicas e mineralógicas dos solos estudados.

A análise química total foi realizada na forma de óxido de Si, Al, Fe, Ti, Mg e Ca que são os mais encontrados em solos tropicais profundamente intemperizados ([Tabela 4](#)). Os dados de perda ao fogo e pH estão na mesma tabela.

A apresentação dos amorfos foi feita nas forma metálica e de óxidos (Si, Al, Fe, Ti, Mg e Ca) para as [Tabelas 5](#) e [6](#).

Tabela 1. Propriedades físicas dos solos naturais estudados.

Solos	Propriedades físicas	Granulometria			Wo (%)	γ_o (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	G	e	n	S _r (%)	Profundidade (m)
		Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)								
<i>Mud Flow</i>		62	8	30	33,6	11,57	8,73	2,63	1,969	0,66	44,9	3
Solo Residual Laterítico		43	17	40	15,2	12,45	9,91	2,61	1,387	0,58	28,8	3
Solo Saprolítico		25	15	60	23,1	16,18	13,14	2,69	1,008	0,50	61,5	4
Solo Coluvionar		49	6	45	19,1	17,16	14,42	2,63	0,789	0,44	63,6	9

Tabela 2. Propriedades físicas dos solos colapsados.

Solos	Valores de colapso	Rp-100kPa (%)	Rp-800kPa (%)	Rw (%)	Rt-100kPa (%)	Rt-800kPa (%)	ep	ew	Srp (%)	Srw (%)
<i>Mud Flow</i>		9,94	-	2,01	11,75	-	1,674	1,620	52,8	100
Solo Residual Laterítico		7,67	-	3,33	10,74	-	1,204	1,131	32,9	100
Solo Saprolítico		5,94	-	2,62	8,42	-	0,888	0,839	70,0	100
Solo Coluvionar		2,53	18,38	0,01	-	18,48	0,460	0,456	100	100

Tabela 3. Mineralogia dos solos colapsados.

Solos	Mineralogia		Quartzo	Gibbsita	Caolinita	Illita	Esmeclita	Anatásio	Goethita
<i>Mud Flow</i>			traço	abundante	presente	ausente	ausente	traço	presente
Solo Residual Laterítico			abundante	ausente	freqüente	ausente	ausente	traço	presente
Solo Saprolítico			abundante	traço	presente	traço	traço	traço	presente
Solo Coluvionar			abundante	ausente	freqüente	ausente	ausente	traço	presente
	ausente	(0%)		traço	(< 2%)				
	presente	(2 a 15%)		freqüente	(15 a 30%)				
	abundante	(> 30%)							

Tabela 4. Química total dos solos.

Química total Solos	SiO ₂ (%)	TiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Perda ao fogo (%)	Total (%)	pH
Mud Flow	15,15	1,94	35,60	10,98	0,13	0,24	28,33	92,37	4,45
Solo residual laterítico	61,10	1,01	22,11	7,86	0,50	0,19	17,92	110,69	5,32
Solo saprolítico	68,50	0,94	17,94	7,00	0,45	0,21	11,26	106,30	5,37
Solo coluvionar	66,10	0,94	17,19	5,41	0,12	0,03	9,11	98,90	5,72

Tabela 5. Química de amorfos (óxidos) dos solos.

Química amorfos Solos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Total
Mud Flow	409,07	23,16	5.978,30	1.557,86	302,86	187,40	8.458,37
Solo residual laterítico	261,96	15,33	3.356,56	1.675,00	65,19	36,18	5.410,28
Solo saprolítico	373,60	18,0	2.900,39	1.582,14	92,21	42,5	5.008,84
Solo coluvionar	631,82	16,48	1.253,28	1.405,00	317,67	91,62	3.715,88

Tabela 6. Química de amorfos (forma metálica) dos solos.

Química amorfos Solos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Total
Mud Flow	190,90	13,90	3.165,00	1.090,50	182,45	133,88	4.776,63
Solo Residual Laterítico	122,25	9,20	1.777,00	1.172,50	39,31	25,84	3.146,10
Solo Saprolítico	177,35	10,79	1.535,50	1.107,50	55,60	30,38	2.914,12
Solo Coluvionar	294,85	9,89	663,50	983,50	191,55	65,45	2.208,74

Micromorfologia

A metodologia empregada para a caracterização das diversas relações de trama baseia-se em estudos micromorfológicos, por meio da microscopia ótica (MO) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) a partir de lâminas delgadas (LD) de amostras de solo impregnadas com resina plástica (Bullock *et al.*, 1985).

Para cada solo, foram confeccionadas LDs em seções vertical e horizontal de amostras de solo natural, com carregamento progressivo (100 kpa) sem inundação e com carregamento progressivo (100 kpa) e inundação posterior, produzindo um total de 12 LD. O objetivo dessa metodologia é o de descrever a

evolução micromorfológica do processo de colapso desde solos naturais até o final do fenômeno.

A terminologia micromorfológica internacionalmente adotada no meio pedológico ([Brewer, 1964](#); [Bullock et al., 1985](#)) é bastante adequada para descrever os fenômenos de colapso investigados, não necessitando da criação de novos termos e conceitos (Anexo 1).

Mud flow

No estudo micromorfológico desse solo, constatou-se a organização da associação plasma-esqueleto (SPA) do tipo granular-intertéctica, com plasma asséptico e praticamente inexistente ([Figura 1](#)).

Os agregados perfazem quase a totalidade do material sólido, sendo constituídos por grânulos com forma esferoidal, de lisos a pouco rugosos e orientação inexistente ([Figura 2](#)). O tamanho geral é de 0.4-2.0 mm. Podem-se observar dois tipos de agregados, um mais abundante vermelho-claro e outro vermelho-escuro. Neste último tipo verifica-se por MEV maior concentração de micronódulos de oxi-hidróxidos de ferro ao ponto de formar, com frequência, películas externas ([Figura 3](#)). Nota-se a presença de fragmentos de dimensão silte dispersos nos agregados e pontes de argila.

Os nódulos são típicos com forma arredondada a subangular, isotrópicos sem a presença de fraturamentos e orientação. Não perfazem 1% do total da amostra e possuem dimensão entre 0.5-1.0 mm. Pelas suas características, tais nódulos são compostos por oxi-hidróxidos de ferro. Entretanto, o processo de “plasmificação” é bastante intenso ([Figura 4](#)). Além desses nódulos maiores, observa-se, em MEV, a presença de micronódulos de oxi-hidróxidos de ferro de tamanhos argila e silte, em grande quantidade, dispersos homogeneamente no interior dos agregados e pontes de argila.

Os grãos de quartzo perfazem cerca de 3% do total. Possuem tamanho médio em torno de 0.12 mm e, em geral, são de subangulosos a angulosos. Não apresentam fraturamento e orientação. Seus contornos evidenciam forte corrosão ([Figura 5](#)).

Os contatos entre todos os elementos estruturais são realizados por meio de pontes e filmes de argila ([Figura 6](#)).

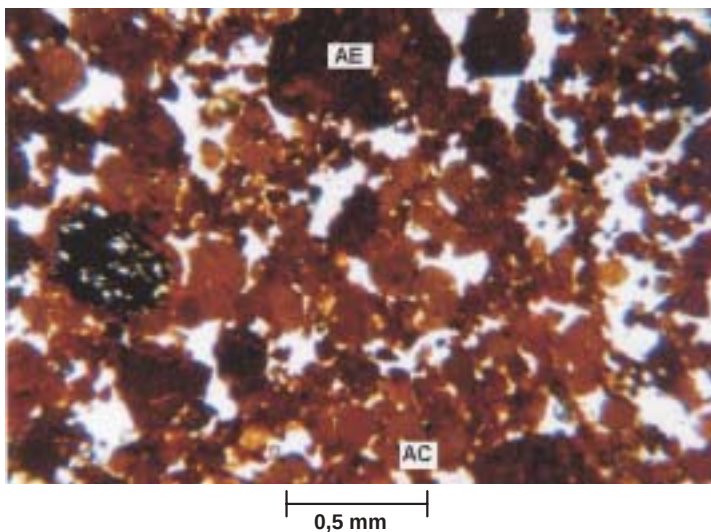


Figura 1. Fotomicrografia da APE do tipo granular-interxtéctica com plasma asséptico praticamente inexistente. Observar dois tipos de agregados: um vermelho-claro (AC) e outro de vermelho-escuro (AE). Solo *mud flow*. Aumento : x 37 (MO).

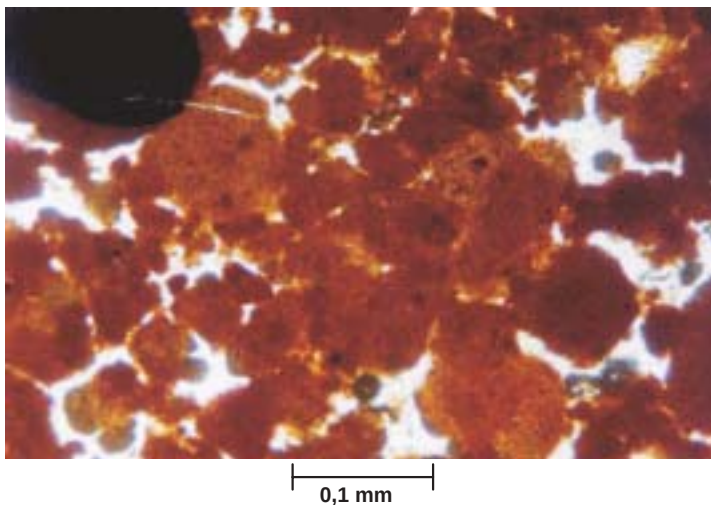


Figura 2. Agregados do tipo grânulos com forma esferoidal, lisos a pouco rugosos. *Mud flow*. Aumento: x 94 (MO).

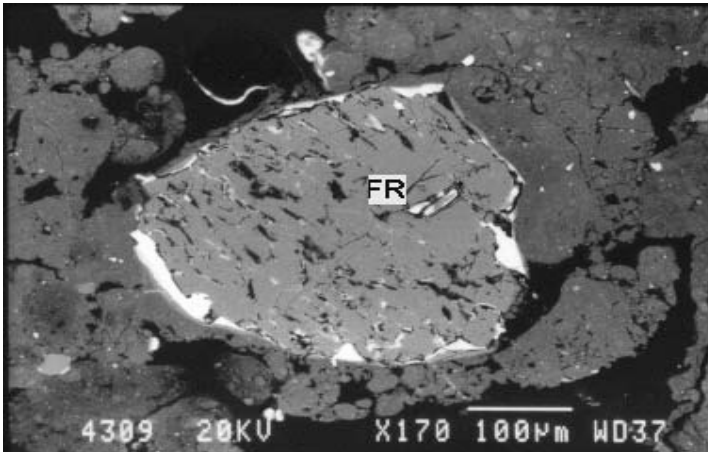


Figura 3. Fotomicrografia mostrando fragmentos (FR) de composição não identificada no interior do agregado. *Mud flow*. (MEV - retroespalhado).

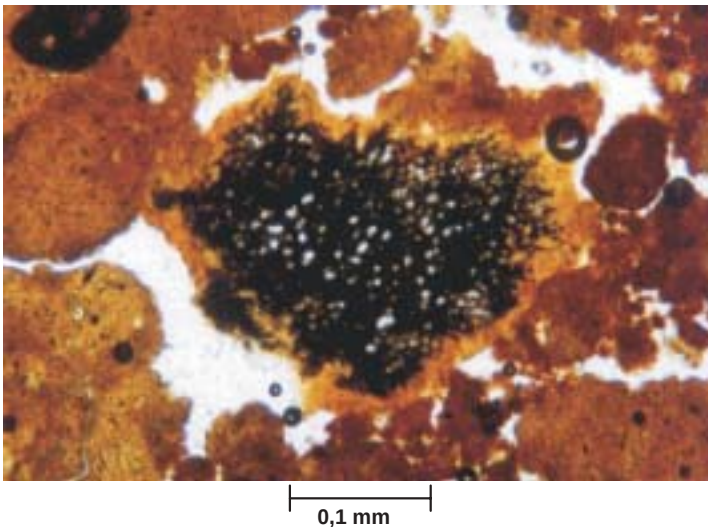


Figura 4. Fotomicrografia de um nódulo do *mud flow* com o processo de “plasmação” bastante desenvolvido. Aumento: x 94 (MO).

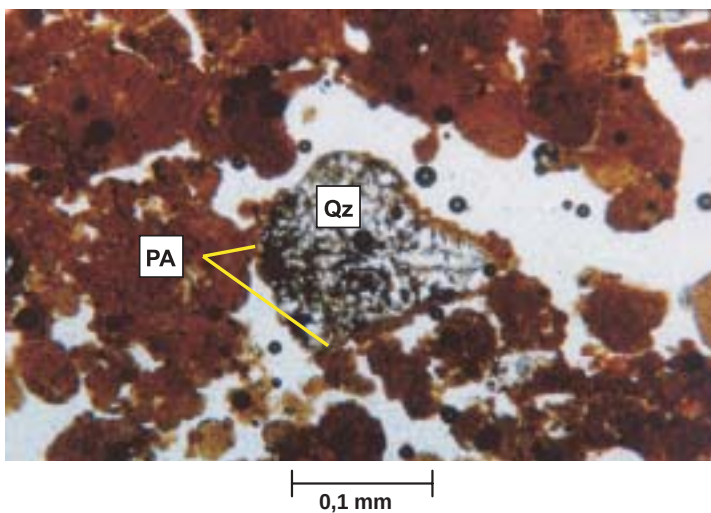


Figura 5. Fotomicrografia de um grão de quartzo (QZ) subanguloso evidenciando forte corrosão. Observar pontes de argila (PA) entre as estruturas. Aumento: x 94 (MO).

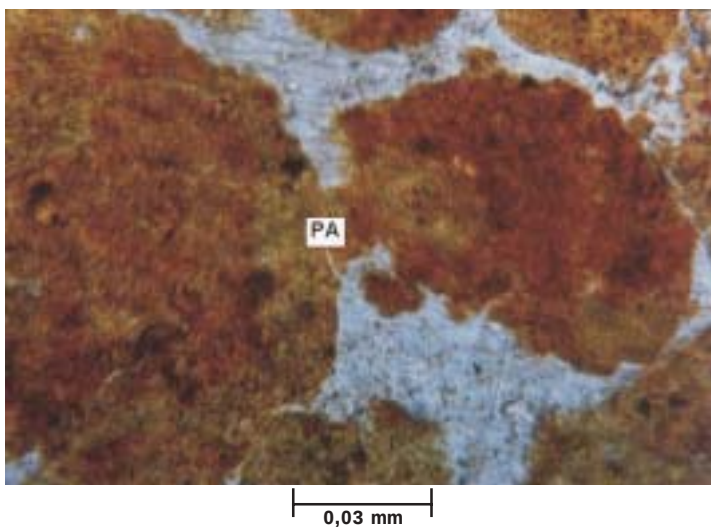


Figura 6. Fotomicrografia de uma ponte de argila (PA) entre dois agregados. Aumento: x 370 (MO).

Os vazios ocupam cerca de 66% do total. São do tipo simples e vazios compactos compostos, determinando um grau de pedalidade forte a moderadamente desenvolvido ([Figura 7](#)). As LDs com cortes vertical e horizontal apresentam essas mesmas características, demonstrando a homogeneidade do solo.

As LDs referentes às amostras carregadas (100 kpa) apresentam grandes mudanças. Os agregados mostram uma quebra intensa, resultando na diminuição do tamanho médio original (0.1-1.3 mm) ([Figuras 8 e 9](#)). Porém os agregados vermelho-escuros mantêm-se com as mesmas dimensões encontradas anteriormente ([Figura 10](#)). Observa-se ainda a geração de agregados do tipo blocos subangulosos e com superfície rugosa.

Os nódulos e grão de quartzo mostram leve fraturamento, sendo evidenciada uma compactação de pequenos agregados em torno deles. As pontes e os filmes de argila tornam-se cominuídas por grande quebra, observando-se a interpenetração de agregados, ainda que raro.

A redução dos vazios é bastante brusca, ocorrendo aumento dos *compound packing voids* em relação aos *simple packing voids*, surgindo nessa fase os *complex packing voids* e mais raramente *channels*. O grau de pedalidade torna-se moderadamente desenvolvido. Apesar das variações observadas, não ocorre mudanças nos tipos de organização da trama.

As LDs da terceira fase (carregamento e inundação) evidenciam uma acomodação maior entre os agregados. Inicia-se um processo de dispersão de argilas provenientes dos agregados. Esses são caracterizados pela sua menor rugosidade, sendo gerados agregados do tipo *crumbs* ([Figura 11](#)).

O volume de vazios diminui ainda mais, com predomínio de vazios complexos compactos e o desaparecimento de vazios compactos simples ([Figura 12](#)). O grau de pedalidade torna-se de fraco a moderadamente desenvolvido.

Em pequenas porções das LDs, observa-se o aparecimento da SPA aglomeroplásmica ([Figura 13](#)).

Nessas duas últimas fases, as LDs verticais mostram características micromorfológicas que evidenciam maior deformação nessa direção durante os carregamentos em relação as LDs horizontais.

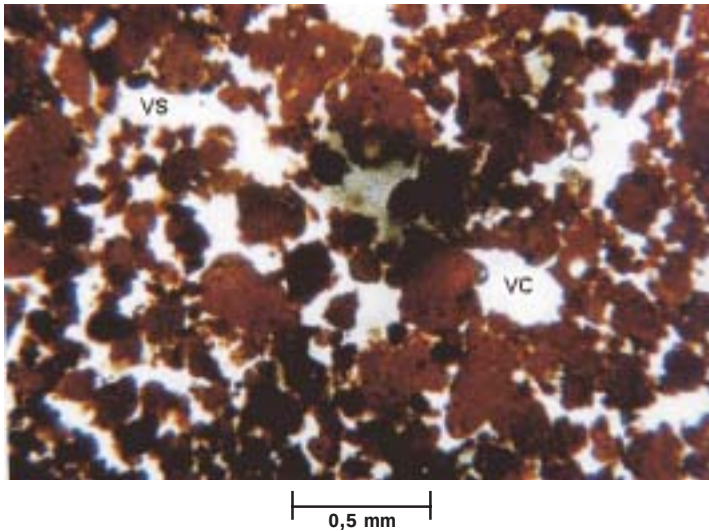


Figura 7. Fotomicrografia do *mud flow* mostrando vazios do tipo compacto simples (VS) e compacto composto (VC). O grau de pedalidade é de moderado a fortemente desenvolvido. Aumento: x 37. (MO).

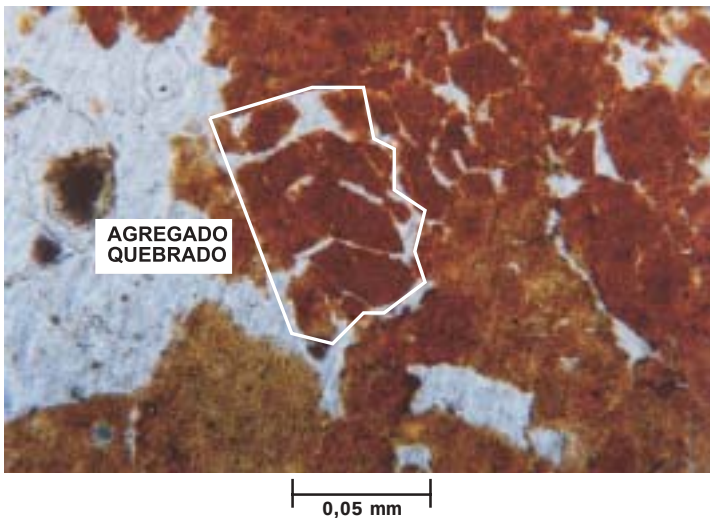


Figura 8. Fotomicrografia mostrando a quebra de um agregado com o carregamento de 100kPa. *Mud flow*. Aumento: x 240 (MO).

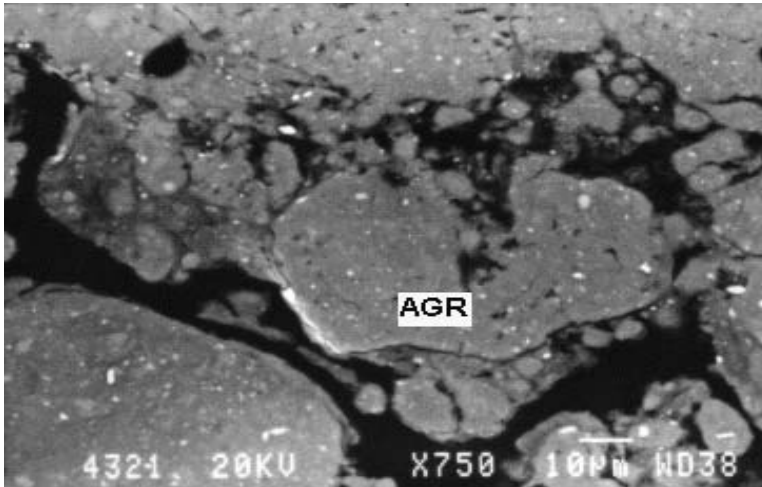


Figura 9. Quebra intensa de microagregado, gerando superfície rugosa. *Mud flow* (MEV).

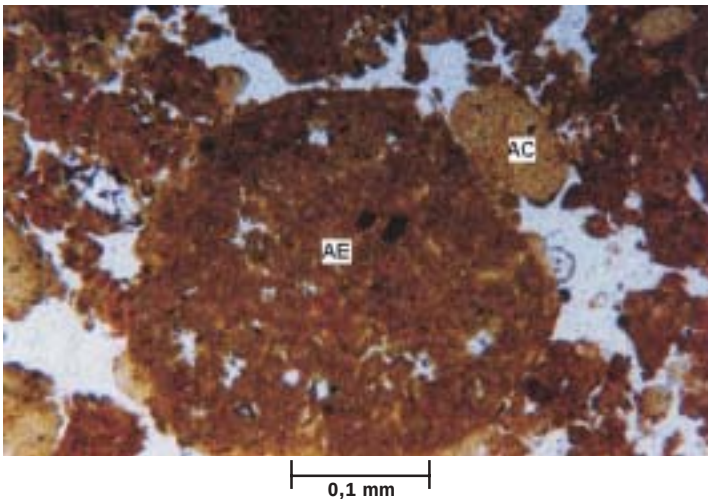


Figura 10. Fotomicrografia mostrando agregado vermelho-escuro (AE) com dimensão superior ao agregado vermelho-claro (AC) depois do carregamento com 100kPa. *Mud flow*. Aumento: x 94 (MO).

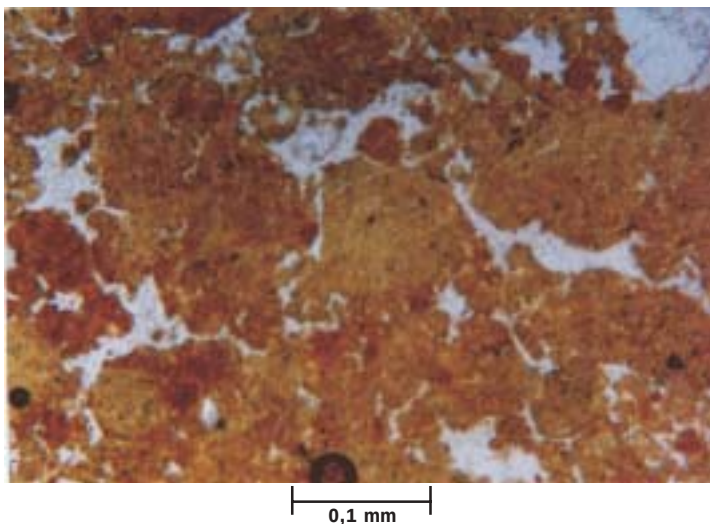


Figura 11. Surgimento de agregados do tipo bloco subanguloso e com superfície rugosa. *Mud flow*. Aumento: x 94 (MO).

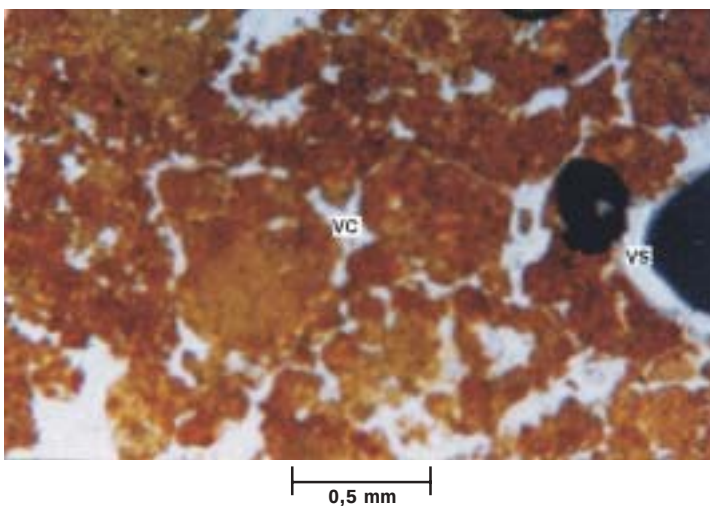


Figura 12. Domínio dos vazios compactos compostos (VC) sobre os compactos simples (VS) e grau de pedalidade moderadamente desenvolvido no *mud flow* depois do carregamento. Aumento: x 37 (MO).

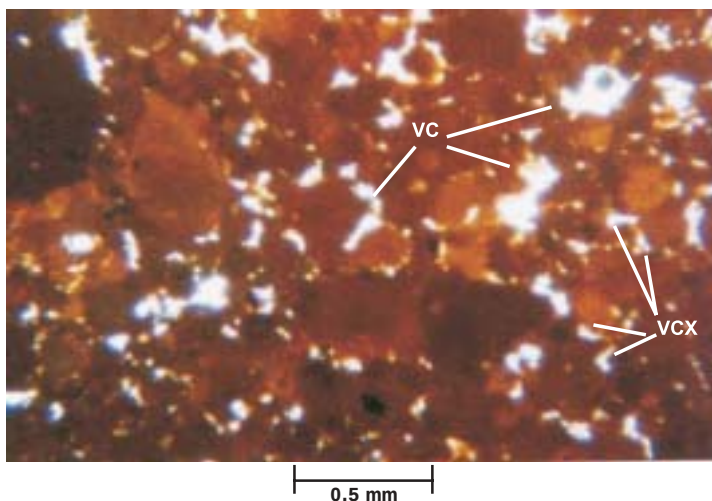


Figura 13. Desaparecimento de vazios compactos simples. Existência de vazios compactos compostos (VC) e complexos (VCX) e grau de pedalidade fracamente desenvolvido. Observar que os agregados são menos rugosos que na fase anterior, devido à dispersão de argilas. *Mud flow* inundado. Aumento: x 37 (MO).

Solo Saprolítico

Este possui ainda algumas características da rocha original, como as intercalações de material arenoso e argiloso ([Figura 14](#)). Dessa forma, a descrição micromorfológica é feita em duas partes.

A análise do solo natural para a parte arenosa apresenta SPA dos tipos granular-intertéxica e em pequenas porções aglomeroplásmica. O plasma é asséptico e não ocorrem agregados de argila e nódulos ([Figura 15](#)).

Os grãos de quartzo ocupam a grande maioria do material sólido. Possuem dimensão média em torno de 0.1 mm, e, em geral, são subarredondados a subangulosos. São lisos e não apresentam orientação, fraturamento e sinais de corrosão. Os contatos são realizados por meio de pontes e filmes até micrométricos de argila, evidenciados por MEV ([Figura 16](#)).

Os vazios são muito abundantes e dos tipos *simple* e *compound packing voids* determinando um grau de pedalidade de forte a moderadamente desenvolvido.

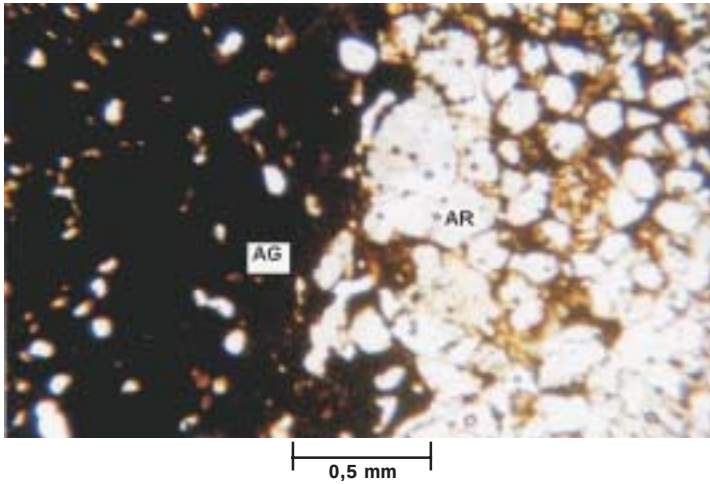


Figura 14. Fotomicrografia de um contato entre as intercalações de material arenoso (AR) e argiloso (AG) do solo saprolítico. Aumento: x 37 (MO).

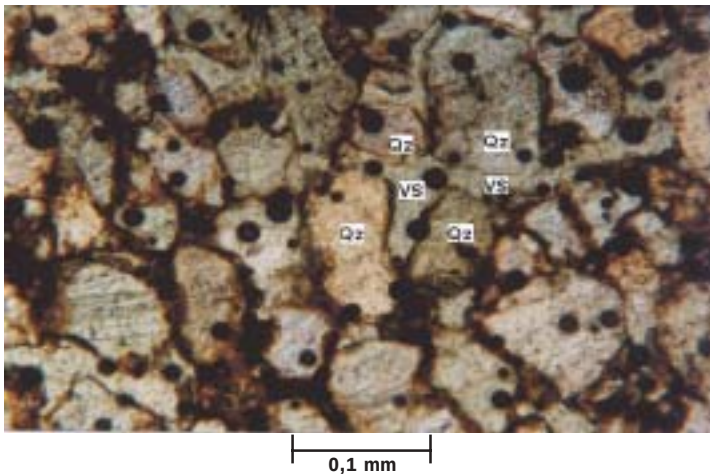


Figura 15. Fotomicrografia da porção arenosa do solo saprolítico, mostrando APE granular-intertéctica. Observar os grãos de quartzo (QZ) sem sinais de fraturamento e corrosão. Em geral, são lisos e subarredondados a subangulosos. Percebem-se também vazios compactos simples (VS). Aumento: x 94 (MO).

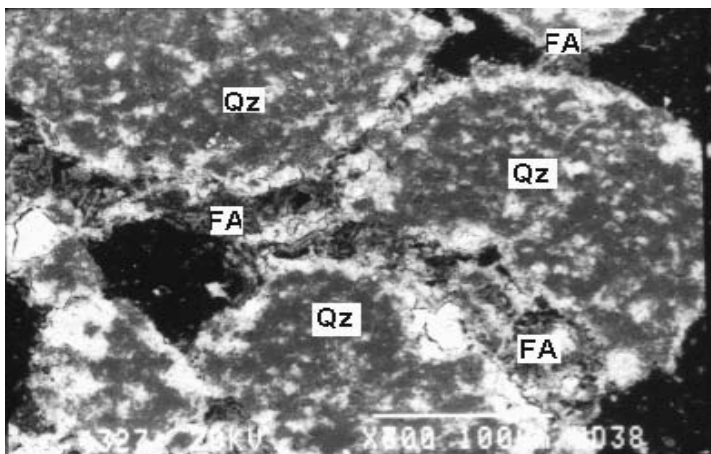


Figura 16. Filmes de argila (FA) entre grãos de quartzo (Qz) da porção arenosa do solo saprolítico (MEV).

Na intercalação argilosa, verifica-se SPA aglomeroplásmica e menos comumente porfirosquélica. O plasma é abundante e asséptico. Em MEV observa-se a existência de micronódulos e de grãos de tamanho silte espalhados homogeneamente nos agregados e nas pontes de argila ([Figuras 17 e 18](#)).

Em geral, os agregados são bastante reduzidos em tamanho (0.02-1.0 mm) e quantidade (15%) quando comparados ao *mud flow*. São do tipo grânulos com forma esferoidal, lisos e não possuem orientação e fraturamentos.

Os nódulos são típicos e pseudomórficos, com forma subarredondada, lisos e não apresentam orientação e fraturamentos. São raramente observados.

Os grãos de quartzo são abundantes, com dimensões entre 0,1 a 0,3 mm, sendo de subangulosos a angulosos, lisos, sem orientação e levemente fraturados.

Os elementos estruturais fazem contatos entre si por pontes de argila ou estão imersos no plasma.

Os vazios são reduzidos em relação à porção arenosa, sendo na maioria canais e câmaras e, menos comumente, vazios compactos compostos. O grau de pedalidade é de moderado a fracamente desenvolvido.

Na segunda fase (carregamento), ocorrem mudanças importantes, evidenciando uma homogeneização de todo o material, ou seja, não existindo mais a distinção entre as porções arenosa e argilosa ([Figura 19](#)).

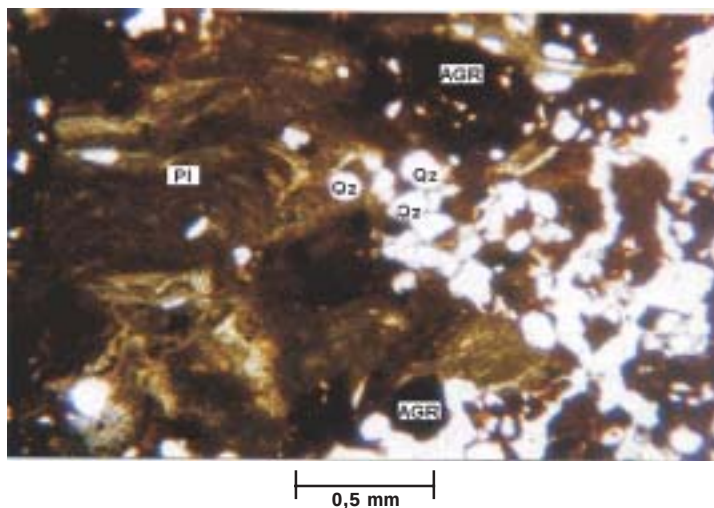


Figura 17. Fotomicrografia da porção argilosa do solo saprolítico, mostrando a APE aglomeroplásmica. Observar grãos de quartzo (Qz) e agregados (AGR) na presença de plasma insépico (PI).

Aumento x 37 (MO).

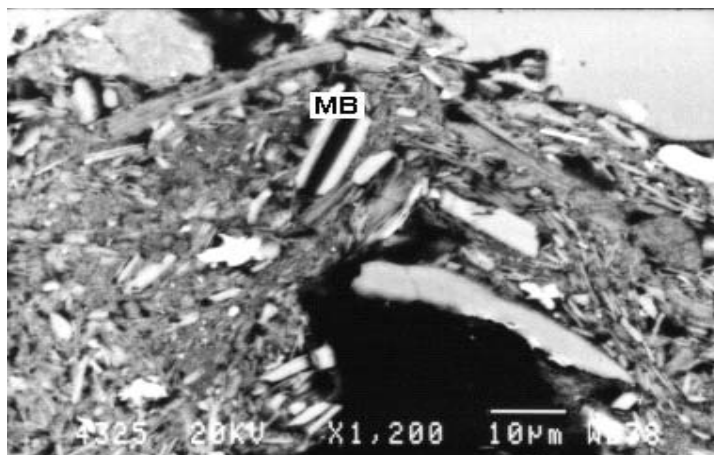


Figura 18. Fotomicrografia de um detalhe da foto anterior mostrando “micas-brancas” (MB) no plasma do solo saprolítico (MEV).

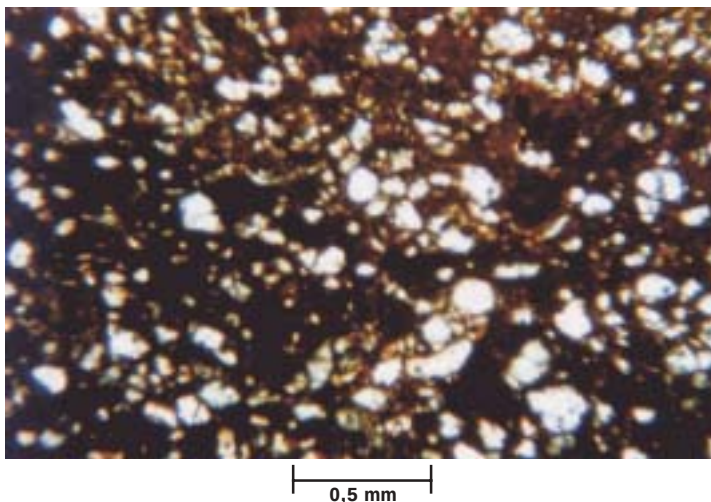


Figura 19. Fotomicrografia que mostra homogeneização do material arenoso e argiloso com a formação da APE aglomeroplásmica - porfiroscúelica depois do carregamento de 100 kPa sob o solo saprolítico. Aumento: x 37 (MO).

A quebra dos agregados ocorre de maneira menos intensa em relação ao *mud flow*, porém, aparecem blocos subangulosos com superfície rugosa.

A acumulação de pequenos agregados em torno do grãos de quartzo e a quebra de pontes de argila também são verificadas.

Os vazios apresentam grande redução, com predomínio de canais e câmaras. O grau de pedalidade é fracamente desenvolvido. A ASP torna-se aglomeroplásmica e porfiroscúelica.

Observando-se as LDs para a terceira fase (carregamento e inundação) verifica-se a dispersão, acomodação e grande fluxo de argilas de forma superior ao ocorrido com o *mud flow*, tornando-se, inclusive, difícil o reconhecimento dos agregados (*crumbs*) ([Figura 20](#)).

A redução dos vazios é bastante brusca, ocorrendo apenas canais e câmaras quando observado em MO ([Figura 21](#)). Em MEV, são identificados microvazios no interior da trama que, nessa fase, torna-se porfiroscúelica.

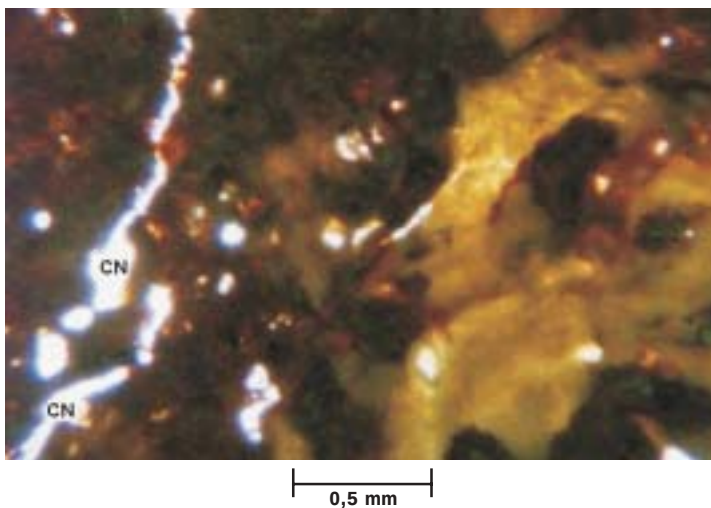


Figura 20. Fotomicrografia que apresenta dispersão, acomodação e fluxo de argilas depois da inundação do solo saprolítico. Observar canais (CN) à esquerda. Aumento: x 37 (MO).

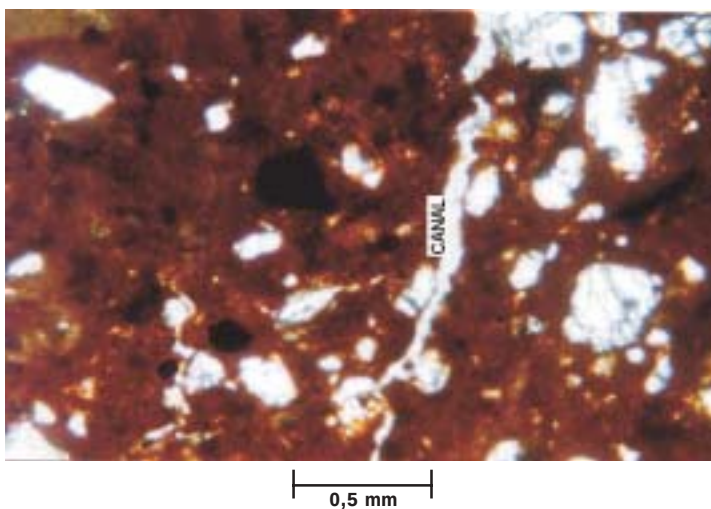


Figura 21. Porção porfiroscúlica que mostra um canal à direita e grãos de quartzo imersos no plasma aséptico. Solo saprolítico depois do carregamento. Aumento: x 94 (MO).

Discussão

A reunião dos dados de campo, geoquímica e mineralogia evidenciam que os solos estudados são resultantes de processos de origem e gênese bem distintos. O solo saprolítico desenvolveu-se *in situ*, preservando algumas características reliquias da rocha original. O *mud flow*, por sua vez, evoluiu do material transportado, sofrendo posteriormente intemperismo profundo.

Em função desses processos diferenciados, o *mud flow* apresenta maior grau de intemperismo, confirmado pelos teores superiores em oxi-hidróxidos de Al e Fe, refletindo na grande proporção de gibbsita, e, subsidiariamente, de caolinita. No solo saprolítico, verifica-se teor maior em sílica, proporcionado tanto pela grande quantidade de quartzo quanto pelos argilominerais 2:1 e caolinita em abundância, sendo a gibbsita, neste caso, o traço.

O reflexo dessas características geoquímicas (referentes ao ataque total e à extração com oxalato) e mineralógicas é a geração de um pH mais ácido para o *mud flow* (4,45) em relação ao solo saprolítico (5,37). Os amorfos do *mud flow*, mais abundantes e aluminosos, aliados ao pH mais ácido, oferecem condições mais favoráveis à agregação. A essas condições de pH, os oxi-hidróxidos de Fe são preferencialmente solubilizados e reprecipitados na forma de micronódulos.

Esses fatos têm implicações no processo de colapso em que, no *mud flow*, devido à maior agregação e, conseqüentemente, maior índice de vazios, o R_t foi maior em relação ao do solo saprolítico. Ademais, R_w tem valor superior para o solo saprolítico, pois esse quando inundado apresenta suas partículas mais dispersas, por causa de seu pH mais próximo do neutro e pela menor quantidade de amorfos. Todos esses fatos foram constatados na micromorfologia.

Dessa análise, pode-se verificar que o colapso apresenta maior contribuição dos fatores pedogenéticos que simplesmente a origem do solo.

Proposta de modelo de evolução micromorfológica do colapso em solos tropicais profundamente intemperizados

Os exemplos de solos estudados, considerando a abordagem metodológica adotada, conduziu a uma proposta de evolução dinâmica do colapso dos solos tropicais segundo o ponto de vista micromorfológico.

A SPA é a principal referência micromorfológica das mudanças ocorridas durante o colapso, podendo ser delineado um caminho ideal e completo do potencial de colapso, qual seja:

Granular → Intertéctica → Aglomeroplásmica → Porfirosquélica

Os vazios mostram também uma tendência evolutiva:

Simples → Composto → Complexo → Canais/Câmaras

O grau de pedalidade, conseqüentemente, tem uma linha de evolução:

Fortemente Desenvolvido → Moderadamente Desenvolvido → Fracamente Desenvolvido

Foi possível observar a evolução dos agregados da seguinte forma:

esferoidal → subangulosos → *crumbs*

A evolução mecânica dos agregados durante as três fases é a seguinte:

agregados → quebra parcial de agregados → dispersão parcial de argilas

Obviamente, dependendo das características iniciais do solo natural, como conseqüência da gênese, o ponto de partida das características acima citadas não necessita ser o primeiro definido na evolução.

Referências Bibliográficas

BREWER, R.; SLEEMAN, P. Soil structure and fabric: their definition and description. **Journal of Soil Sciences**, Oxford, v. 11, p. 172-185, 1960.

BREWER, R. **Fabric and Mineral Analysis of Soils**. New York : J. Wiley, 1964. 460 p.

BREWER, R. **Fabric and Mineral Analysis of Soils**. 2. ed. New York : J. Wiley, 1976. 482 p.

BULL, W. B. **Alluvial Fans and Near Surface Subsidence in Western Fresno County**. Geological Survey Professional Paper, Denver, n. 437 A., p. 1-71, 1964.

BULLOCK, T.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. **Handbook for Soil thin Section Description**. London: Wayne Research Publications, 1985. 152 p.

DELVIGNE, J. **Apostila do Curso de Micromorfologia**. USP: São Paulo, 1988. 149 p. Apostila.

DENISOV, N. Y. Settlement Properties of Loessal Soils. **Soviet Science**, Moscou, p. 44-62, 1946.

DENISOV, N. Y. **The Engineering Properties of Loess and Loess Loams**. Moscow: Gosstroizdat, 1951. 136 p.

DUDLEY, J. H. Review of Collapsing soils. **Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division**, Michigan, v. 26, n. 3, p. 925-947, 1970

El-Sohby, M. A.; El-Khoraibi, M. C.; Rabbaa, S. A.; El-Saadany, M. M. A. Role of soil fabric in collapsible soils. PANAMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERS, 8., 1987, Cartagena, v. 8, n. 2, p. 9-20, 1987.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Conservação dos Solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1999. 455 p. (Embrapa. Boletim Técnico, 53).

GRAÇA, J. E. M. (1975). Aplicação da Micromorfologia de Solos na Resolução de Problemas do Cerrado. **Revista Cerrado**, Brasília, v. 7, n. 28, p.14-19.

KUBIENA, W. L. **Micropedology**. Iowa: Collegiate , 1938.

LEPRUN, J. C. Les Cuirasses Ferrugineuses des Pays Cristallins de l'Afrique Occidentale Sèche-Genèse, Transformation-dégradation. **Mémoire Sciences Géologiques**, Strasbourg, v. 58, 224 p., 1979.

MARTINS, E. S.; CARDOSO, F. B. F.; GASPAR, J. C. Dados preliminares da geologia de perfis de intemperismo em cortes do metrô, Águas Claras - DF. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 4., 1994, Brasília, DF. [**Anais...**] Brasília: SBG, 1994. p. 202-205.

Brasília, DF. pp: 202-205.1994.

MARTINS, E. S. **Mineralogia e evolução de rególitos do Distrito Federal**. 245 f. 2000. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências – Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

REGINATTO, A. Suelos Colapsibles: prediccion de la susceptibilidad al colapso. REUNION ARGENTINA DE MECANICA DE SUELOS E INGENIARIA DE FUNDACIONES, 2., 1970, Cordoba. [**Anais...**] Cordoba: [s. l.], 1970. v. 1, p.1-7.

STOOPS, G.; JONGERIUS, A. Proposal for micromorphological classification in soil materials and a classification of the related distributions of coarse and fine particles. **Geoderma**, Amsterdam, v. 13, p. 189-200, 1975.