

**UMA EVOLUÇÃO RECENTE DA PEDOLOGIA E SUAS IMPLICAÇÕES
NO CONHECIMENTO DA GÊNESE DO RELEVO**

René Boulet (Mission ORSTM - Geociência - USP)

RESUMO

Depois de um breve histórico sobre o estudo da diferenciação lateral da cobertura pedológica mostra-se o interesse de uma reconstituição da anatomia tridimensional real desta cobertura (ou análise estrutural por parte). Por isso, dois exemplos estudados no Brasil serão apresentados: o primeiro, em PAULÍNIA, que mostra o papel principal dos processos superficiais sobre a diferenciação lateral da cobertura pedológica; o segundo, no norte de MANAUS, onde a evolução do relevo depende essencialmente dos processos geoquímicos e pedológicos. Nos dois casos, os processos são ainda funcionais e concernem então ao Quaternário. Mas o início deste funcionamento permanece desconhecido. No caso estudado no norte de MANAUS, ele é provavelmente terciário.

INTRODUÇÃO:

A pedologia nasceu do reconhecimento da diferenciação vertical do solo e de sua significação genética. Assim, segundo DOKUTCHAEV, a morfologia de cada solo, correspondente a uma seção vertical de seus diferentes horizontes, reflete os efeitos conjuntos dos fatores genéticos específicos, responsáveis de sua formação.

Até um período recente, somente esta diferenciação vertical foi estudada. Certo, os pedólogos perceberam rapidamente a diferenciação lateral do solo, constatando que os perfis verticais mudam geralmente da montante para jusante numa mesma vertente. Para caracterizar esta variação, MILNE introduziu, desde 1934, a noção de catena. Mas esta noção continua ser tributária do conceito de perfil, no sentido que a diferenciação lateral era expressa em termos de sucessão de solos (ou de perfis). Quando representava-se um corte lateral, ela resultava de uma interpolação entre os diferentes tipos de perfis observados em uma vertente, sem que fossem estudadas as passagens laterais entre os horizontes, ou, mais geralmente, que uma análise minuciosa da organização lateral da cobertura pedológica fosse feita.

Foi somente a partir de 1972, graças ao trabalho de BOCQUIER, que uma tal análise foi realizada. Este trabalho e os que seguiram a mesma abordagem, trouxeram muitos resultados novos e mostraram que a análise detalhada da organização lateral da cobertura pedológica é muito importante para entender a gênese e a dinâmica da mesma. Por outro lado, esta análise mostra que existem frequentemente redistribuições internas de matéria ao longo da vertente que podem ter um papel essencial na evolução do relevo. Dois exemplos opostos serão apresentados, o primeiro em Paulínia, que mostra o papel principal dos processos superficiais sobre a diferenciação lateral da cobertura pedológica, o segundo no norte de Manaus, onde a evolução do relevo depende essencialmente dos processos geoquímicos e pedológicos.

Explicaremos rapidamente o método desta análise chamada análise estrutural, porque já foi apresentada no Brasil por QUEIROZ NETO e alii (1981), e mais recentemente no Vigésimo primeiro Congresso de Ciência do Solo em CAMPINAS (BOULET, 1987). (Fig. 1). O método utilizado (BOULET e alii, 1978, 1982) consiste primeiro na reconstituição da organização vertical da cobertura pedológica segundo transectos geralmente orientados segundo a linha de maior declividade. Esta reconstituição é feita por aproximação geométrica, com tradagens e trincheiras. Ela permite representar os limites dos diversos horizontes (Fig 2a). Numa segunda etapa, estabelece-se, também com aproximação geométrica a projeção no plano horizontal dos limites laterais ou das variações de espessura destes horizontes, dando o que chamamos mapa de curvas de isodiferenciação (Fig. 2b). O documento gráfico obtido é uma representação tridimensional da cobertura

pedológica, que mostra as relações geométricas que existem entre os volumes que constituem esta cobertura. Ele permite assim raciocinar sobre a geometria real, podemos falar de anatomia, da organização da cobertura de solo.

EXEMPLO DE PAULÍNIA:

O clima da região é tropical úmido, com 1400mm de chuva, sendo estas mais abundantes no verão.

A zona estudada é constituída por uma parte de interflúvio, de mais ou menos dez hectares, indo do espigão até o eixo de drenagem. A parte central está cultivada com cana há 6 anos, depois de ter sido plantada com eucaliptos. De cada lado, persiste uma mata que, de memória de homem, jamais foi desmatada. O substrato geológico é constituído por uma série de siltitos, argilitos e arenitos finos do permo-carbonífero (Grupo Tubarão / Sub-Grupo Itararé).

No transecto axial (Fig. 2a), a montante, observa-se um perfil muito espesso, observado até 9,5m. Os dois primeiros metros estão diferenciados em um solo de cor escura, de tipo latossolo húmico, onde distingue-se sucessivamente um conjunto Bruno preto compacto de mais ou menos cinquenta cm de espessura, um horizonte Bruno avermelhado escuro, poroso, passando a cerca um metro e vinte a um horizonte mais escuro, cuja a base situa-se a cerca dois metros. Existem carvões nos dois metros superiores, mas eles são mais abundantes no horizonte escuro de profundidade. Este horizonte escuro de profundidade parece ser bastante frequente nos latossolos sobre arenito, tendo sido observado por Attila MIKLÓS em BOTUCATU. Sua origem permanece desconhecida.

Com uma transição de 50 cm, este conjunto escuro passa em profundidade a materiais mais claros e mais vermelhos, primeiro 5YR, depois 2,5YR, tornando-se cada vez mais vivos até 6 metros, profundidade a partir da qual a cor fica 2,5YR vivo até pelo menos 9,5m. A textura é argilo-arenosa a argilosa.

Lateralmente, observa-se uma interrupção do horizonte escuro de profundidade, que reaparece cinquenta m. mais longe, e desaparece definitivamente no terço da vertente. O horizonte escuro espesso de superfície afina-se e passa a um horizonte superficial mais vivo. Abaixo do latossolo húmico, as curvas isocores correspondem aos limites dos horizontes do material vermelho de profundidade do topo da vertente. Estes limites são horizontais e são cortados pela base do solo húmico. Isso demonstra que o latossolo húmico se desenvolveu a partir dos horizontes sucessivos de uma cobertura latossolica espessa mais antiga, que era horizontal a montante.

Esta truncatura determina o desaparecimento em bisel da cobertura vermelha espessa e a aproximação da superfície dos materiais de alteração da sequência sedimentar subjacente, que comporta da cima para abaixo:

- Um arenito fino amarelo alterado, que aparece, ao menos para jusante, como o material de origem da cobertura latossolica inicial.

- Um siltito amarelo

- Uma argila arenosa, caracterizada pela presença de bolsas arenosas centimétricas a decimétricas. Neste material existe também uma linha de plaquetas ferruginosas englobando os volumes arenosos, que formam globulos característicos. Estas plaquetas afloram no terço inferior da vertente

Sobre estas rochas mais ou menos alteradas, se desenvolvem solos pouco espessos, porosos sobre arenito, mais compactos sobre siltito, parecendo fortemente litodependentes, particularmente do ponto de vista textural. A autoctonia destes solos é demonstrada pela presença de uma linha de pequenos volumes de arenito primeiro macios ou ferruginizados, depois unicamente ferruginizados, e de seixos de quartzos que existem somente no arenito. Esta linha prolonga a camada de arenito atingindo a superfície 10 metros para jusante. Ela se encurva por causa da perda geoquímica devida à pedogênese.

Sobre o material argilo-arenoso inferior desenvolve-se primeiro um solo raso, mas este espessa-se rapidamente até atingir mais de 4 metros de profundidade. Então, a jusante, encontramos de novo uma cobertura espessa, mas que difere da da montante por sua cor 5YR e a presença de um fino horizonte com nódulos ferruginosos milimétricos pouco endurecidos e localizado acima do contato abrupto entre o solo e o material argilo-arenoso.

Um certo numero de diferenciações aparecem à jusante nesta cobertura.

- Aparecimento sob o horizonte humífero de um conjunto bruno embaciado com croma inferior a 4.

- Diferenciação de horizontes superiores areno-argilosos, superando um horizonte com depósitos de argila ao redor dos poros e sobre as faces estruturais. Trata-se de um conjunto eluvio-iluvial.

- Completamente à jusante, observa-se um armazém de lençol arenoso, espesso de alguns metros, de cor cinza, ligado ao eixo de drenagem e alimentado por ele.

O estudo deste transecto mostra à montante uma cobertura pedológica espessa, vermelha, de tipo latossolico, cujos horizontes são horizontais. Sobre esta cobertura, recortando-a até sua base, desenvolve-se uma outra cobertura, de tipo latossolo húmico, com ou sem horizonte escuro de profundidade. Esta discordância mostra que a cobertura vermelha corresponde a uma cobertura antiga, que podemos chamar de "inicial". A

truncatura da cobertura inicial tem por consequência uma aproximação da superfície das rochas sedimentares sobre as quais se desenvolvem solos pouco espessos. Mais para jusante, reaparece uma cobertura espessa, mas este transecto não permite estabelecer as relações dela com a cobertura espessa da montante. Para isso precisamos conhecer a organização horizontal da cobertura pedológica complexa atual.

Considerando esta organização horizontal (Fig. 2b), materializada pelo mapa de curvas de isodiferenciação, vamos ver alguns dos raciocínios que aquela permite. Assim, a curva A, que delimita o horizonte escuro de profundidade entra na floresta. Isso significa que este horizonte não é ligado à cultura do solo, ou, ao menos à cultura moderna.

A curva E, que delimita o siltito a menos de 1 metro de profundidade, é ligada ao desaparecimento das coberturas latossólicas. Ela é fechada e mostra que este desaparecimento corresponde a uma janela devido provavelmente à erosão. Uma outra janela, menor, existe ao sul da primeira. Se afastamos nós destas janelas, no transecto II por exemplo, não atravessamos a curva G, o que significa que a cobertura pedológica permanece com mais de 2 metros de espessura. A passagem da cobertura vermelha espessa sobre o arenito (delimitado pela curva D) da montante, à cobertura vermelho amarelo espessa sobre argila arenosa da jusante, se faz somente e simultaneamente por mudança de cor (curva C) e pelo aparecimento de nódulos na base do solo (curva F). Estes dois caracteres, que coincidem com a passagem do siltito à argila arenosa, estão ligados à mudança de rocha mãe. Isso mostra também que as coberturas espessas da montante e da jusante, passando de maneira contínua de uma para a outra, pertencem, ambas, à mesma cobertura inicial.

A partir destas observações e deduções, podemos reconstituir aproximadamente a topografia desta cobertura inicial em forma de platô com vertentes convexas que passou a convexo concava (Fig.3).

EXEMPLO DE MANAUS (LUCAS e al 1984, LUCAS 1988):

A zona estudada se localiza a 60 km ao Norte de Manaus (transparência). O relevo é formado por grandes platôs muito chatos, entalhados por vales bastante profundos. O substrato é constituído pela formação Alter do Chão, sedimento continental associando principalmente quartzo e caulinita em proporções variáveis. O depósito deste sedimento teria começado no Cretáceo mas se prolongou provavelmente até o Terciário.

O clima é equatorial úmido, com uma pluviosidade de 2100 mm e uma estação de seca de 3 a 4 meses no verão.

O estudo das fotos aéreas permitiu delimitar (Fig. 4) os platôs, as superfícies inclinadas que vão do platô até o vale, elas mesmas entalhadas por vales secundários, e o fundo chato dos vales.

O bloco diagrama aproximativo da figura 5 representa a zona delimitada por um retângulo na figura 4. Podemos ver que a montante do eixo de drenagem principal, as superfícies inclinadas

não existem. Elas aparecem, muito reduzidas, no espigão entre este eixo e seu primeiro afluente. Elas vão se desenvolvendo para jusante passando de retilíneas para côncavas, com o aparecimento dos podzóis. Novos eixos acabam por corta-las isolando testemunhos. A montante, onde a vertente do platô é convexa, acabando por um "knick", o fundo achatado do vale já tem mais de 100m de largura. Ele apresenta um solo arenoso, passando de maneira abrupta, a um metro de profundidade, ao sedimento argilo-arenoso Alter do chão. Este fundo não apresenta nenhum traços de escoamento superficial, exceto dois pequenos canais de 1 metro de largura, com 60 cm de profundidade, cada um localizado imediatamente ao pé de cada vertente. Estes canais correspondem ao escoamento, muito fraco, da vertente. Isso significa que a circulação da água se faz na base do material arenoso, por infero fluxo. Um leito aparece mais para jusante, quando aflora o lençol freático.

No platô existem solos muito espessos de 5 até 7 metros, muito argilosos (mais de 80 % de argila), microagregados, de tipo latossolo amarelo. Na sua base existe primeiro um nível com nódulos gibsiticos e depois um nível com nódulos ferruginosos, mas no limite entre os dois, temos nódulos mistos. Abaixo deste solo e até 15 metros de profundidade, podemos reconstituir macroscopicamente, mas, sobretudo, microscopicamente, a seqüência de diferenciação do solo a partir do sedimento. Sucintamente, este solo se forma por neoformação de caulinita a partir do quartzo do sedimento e do alumínio. O alumínio é lixiviado a partir do topo do solo onde a caulinita é hidrolisada sob a influência da matéria orgânica. O excesso de alumínio da os nódulos gibsiticos e a sílica esta exportada pelo lençol.

O estudo morfológico da cobertura pedológica das superfícies inclinadas e das suas ligações com o platô mostra a ausência de discontinuidade entre a primeira e a cobertura do platô. A distribuição da argila materializada aqui pelas curvas de isovalores (Fig. 6 e 7) confirma esta continuidade, e mostra também uma evolução entre os diversos estágios de desenvolvimento destas superfícies, onde podemos ver uma diminuição cada vez mais acentuada do teor de argila da montante para jusante. O ultimo estagio estudado (Fig. 7) mostra a passagem do latossolo ao podzol. De maneira mais detalhada podemos ver a diminuição progressiva do teor de argila a partir do topo e da base da cobertura pedológica, até o que é conhecido como podzol gigante da Amazônia, constituído por mais de 5 m de areia branca com menos de 2% de fração argilosa. É também interessante anotar que a diferenciação podzólica começa muito cedo. A distribuição vertical da matéria orgânica mostra uma migração desta quando o horizonte B tem ainda 60% de argila e o horizonte humífero mais de 20 %. O horizonte de acumulação de matéria orgânica aparece quando a textura do solo varia de 20 a 40% de argila. A areia branca aparece brutalmente quando o teor de argila passa a menos de 2% de argila. O estudo detalhado desta passagem mostra que a podzolização progride lateralmente.

Deste estudo podemos deduzir que a evolução do relevo é essencialmente o resultado dos processos geoquímicos e pedológicos. A água atravessa verticalmente a cobertura pedológica do platô, até o lençol freático, exportando a sílica e um pouco de alumínio. Indo para jusante das vertentes dos vales o débito do lençol aumenta e aumenta também a exportação de matéria dissolvida, a água sendo sempre muito subsaturada. Assim aumenta a incisão geoquímica dos vales e o recuo das vertentes. Assim, vales e superfícies inclinadas comem o platô que acaba por desaparecer. Voltando ao mapa fotointerpretativo da região (Fig. 4), podemos ver que no sudeste, esta destruição do platô está muito adiantada permanecendo só reliquias deste.

CONCLUSÕES:

Em conclusão podemos constatar que a análise estrutural da cobertura pedológica permite atingir um conhecimento mais completo e também mais objetivo da cobertura do solo do ponto de vista tanto da sua organização quanto da sua dinâmica e da sua gênese. Estamos longe dos dados pedológicos clássicos que cortam a cobertura pedológica em superfícies caracterizadas por um perfil vertical. A abordagem baseada numa análise global da cobertura pedológica é mais complicada e precisa de mais tempo, mas vimos, em particular, que sua contribuição à compreensão da formação das paisagens é insubstituível. Isso não significa que queremos mostrar que os processos superficiais não tem um papel importante na formação do relevo, o primeiro exemplo mostra o contrário, mas que relevo e cobertura móvel são ligados e que não podemos pretender explicar o primeiro sem estudar a segunda.

BIBLIOGRAFIA

- BOCQUIER G., 1971 - Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Thèse Sc. Univ. de Strasbourg et Mém. ORSTOM n° 62. 350p.
- BOULET R., 1987 - Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. Conf. XXI Cong. Ci. do Solo p. 79-90
- BOULET R., FRITSCH E., HUMBEL F.X., 1978 - Méthode d'étude et de représentation des couvertures pédologiques de Guyane Française. ORSTOM Cayenne 24p.
- BOULET R., HUMBEL F.X., LUCAS Y., 1982 - Analyse structurale et cartographie en pédologie:
II - Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle de la couverture pédologique.
III - Passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique.
Cah. ORSTOM Sér. Pédol. XIX 4 p 323-351.
- LUCAS Y., CHAUVEL A., BOULET R., RANZANI, G., Scatolini F., 1984 Transição latossolos-podzóis sobre a formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. R. Bras. Ci. Solo, 8: p325-335.
- LUCAS Y., 1989 - Systèmes pédologiques en Amazonie brésilienne. Equilibre, déséquilibre et transformations. Thèse Sci. Univ. de Poitiers, 157 p.

- QUEIROZ NETO, J.P., CASTRO S.S., FERNANDEZ BARROS O.N.,
MANFREDINI S., PELLERIN J., RUELLAN A., TOLEDO G.S., 1981-
Um estudo de dinâmica de solos: formação e transformação
de perfis com horizonte B textural. Com XVIII Cong Bras.
Ci. do Solo, Salvador de Bahia.
- MILNES G., 1934 - Some suggested units of classification and
mapping particularly for East African Soils. Soil Res.
4, 2: p 183-198

Legenda da figura 2

Figura 2a:

- 1 - Conjunto bruno preto compacto.
- 2 - Horizonte bruno avermelhado escuro.
- 3 - Horizonte escuro de profundidade.
- 4 - Transição entre o conjunto escuro precedente (1 a 3) e a cobertura latossolica vermelha.
- 5 - Horizonte 5YR da cobertura latossolica vermelha.
- 6 - Horizonte de transição entre 5 e 7.
- 7 - Horizonte 2,5YR da cobertura latossolica vermelha.
- 8 - Arenito alterado amarelo.
- 8a- Solo de cor bruno avermelhado vivo
- 8b- Alinhamento de fragmentos de arenito mais ou menos ferruginizados.
- 9 - Siltito amarelo.
- 8a- Solo pouco espesso sobre siltito.
- 10- Argila arenosa caracterizada pela presença de bolsas arenosas centinétricas a decinétricas.
- 10a-Solo desenvolvido a partir de 10.
- 10b-Nódulos ferruginosos milimétricos.
- 10c-Nódulos achatados ou globulares formados a partir de juntas sedimentares.
- 11- Horizonte bruno embaciado (chroma <4).
- 12- Horizonte lessive areno-argiloso.
- 13- Horizonte de transição para o armazém de lençol.
- 14- Armazém de lençol cinza claro, arenoso.

Figura 2b:

- A - Presença do horizonte escuro de profundidade.
- B - Horizonte bruno preto menos espesso que 1 metro.
- C - Desaparecimento do horizonte 2,5YR da montante.
- D - Presença de siltito na base do solo.
- E - Presença de siltite a menos de 1m de profundidade.
- F - Presença de nodulos ferruginosos na base do solo.
- G - Presença dos nódulos ferruginosos a mais de 2 metros de profundidade.
- H - Horizonte embaciado mais espesso que 30cm.
- I - Presença do horizonte lessivé associado a um horizonte illuvial.

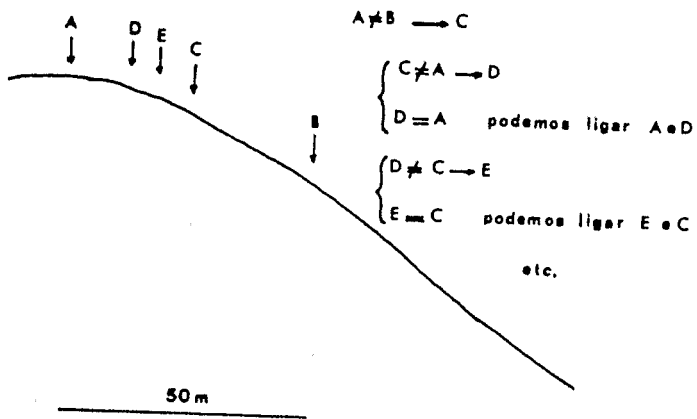


Fig.1: Método de implantação das tradagens num estudo de um segmento de transecto

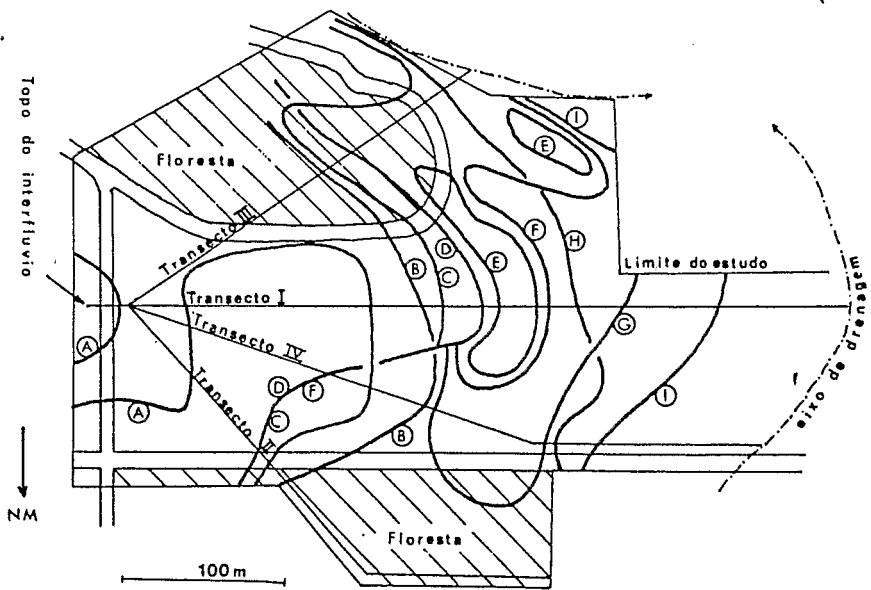
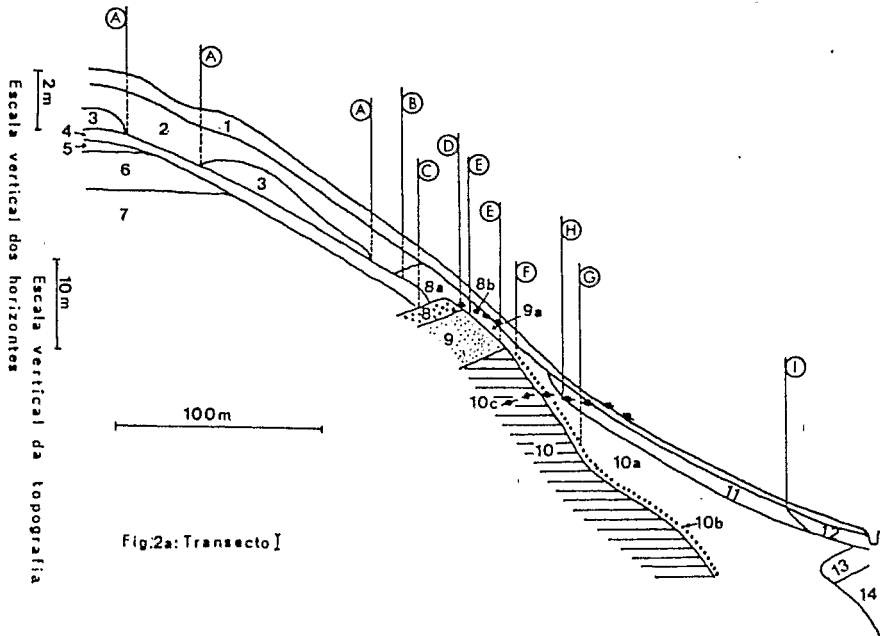


Fig.2b: Mapa das curvas de isodiferenciação

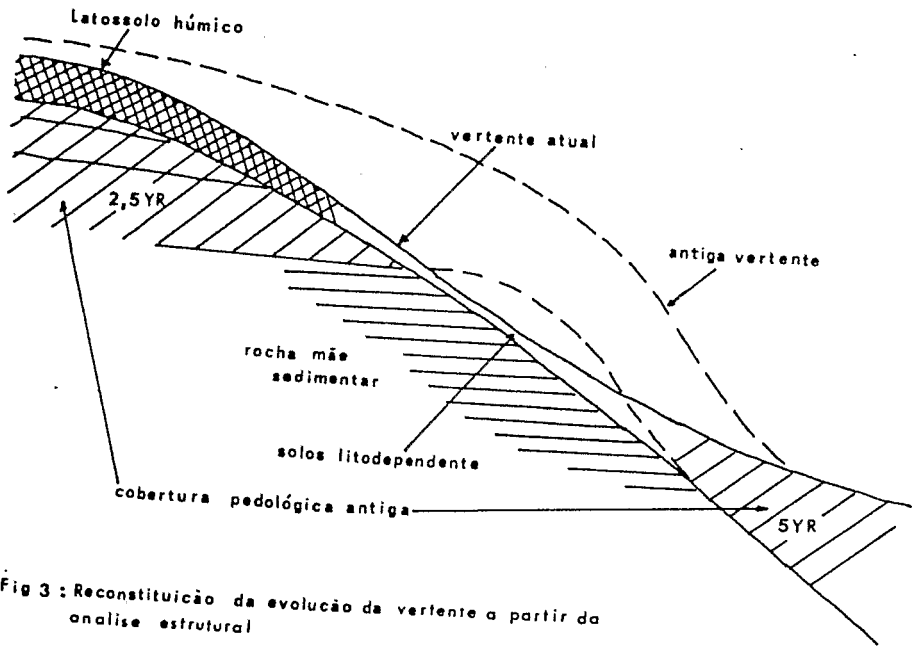


Fig 3 : Reconstituição da evolução da vertente a partir da análise estrutural

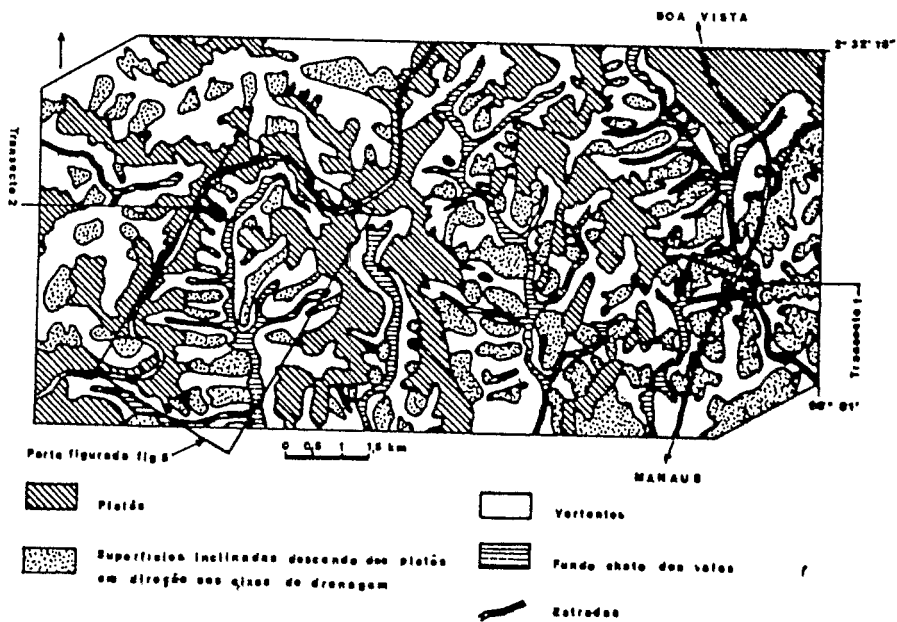
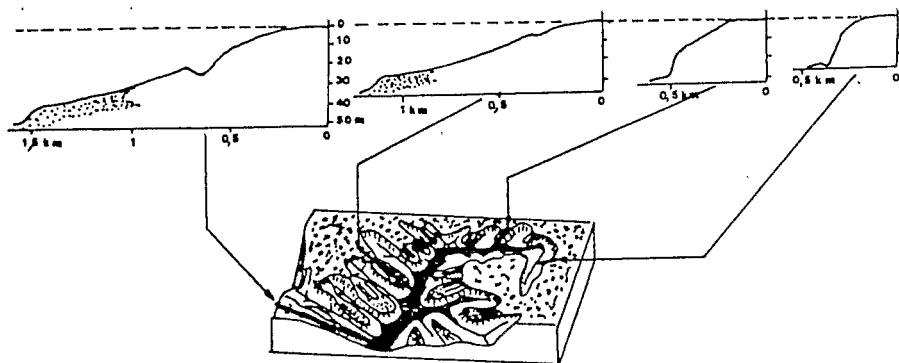


Fig 4; Morfologia da zona estuda e localização dos transectos 1 e 2 (LUCAS e al, 1984)







-  Platôs com solos muito argilosos
-  Superfícies inclinadas com solos argilosos a arenosos
-  Podzolo
-  Fundo chato de várzea

Fig.5: Perfis topográficos das superfícies inclinadas (LUCAS 1989)

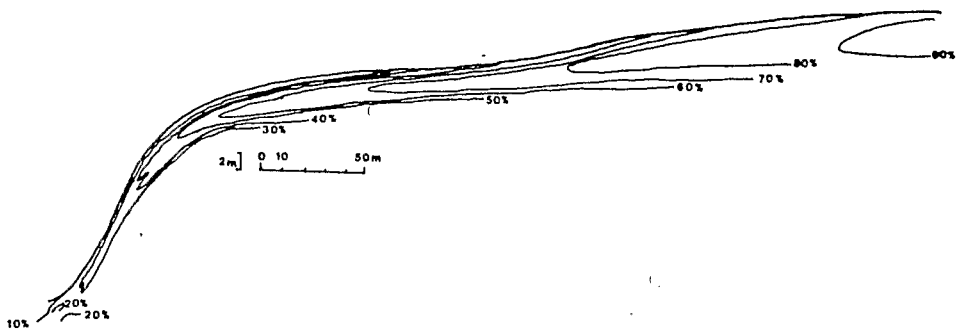
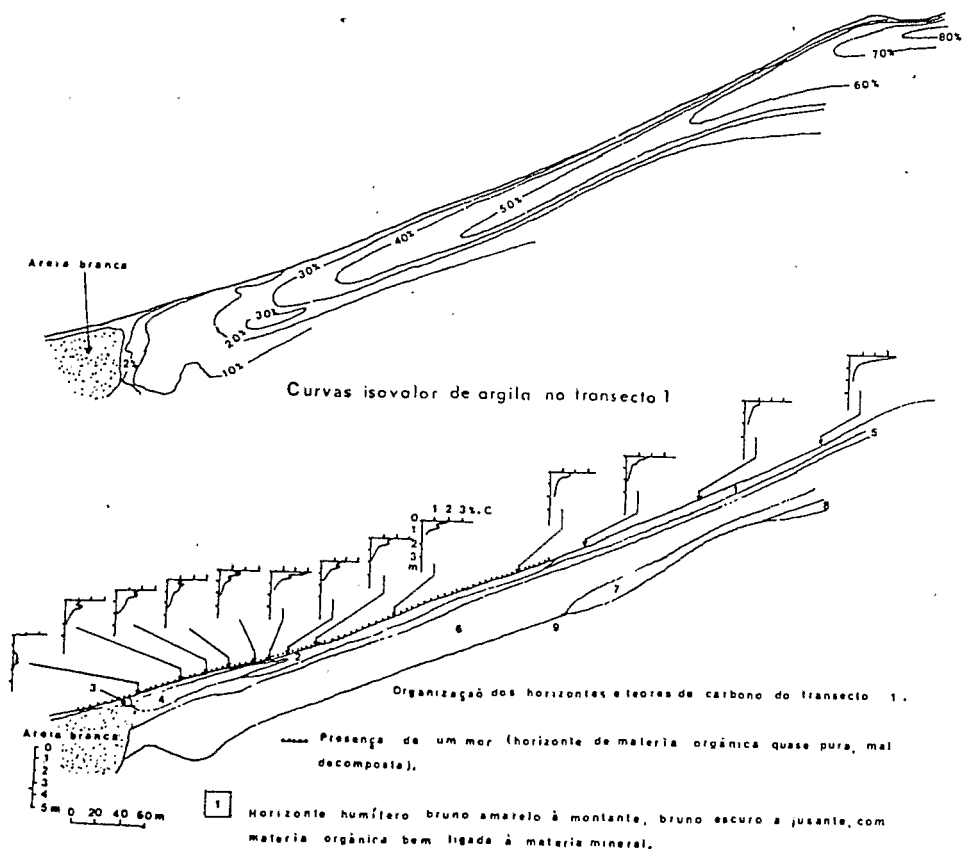


Fig6 Curvas isovalor de argila no transecto 2



- 1 Horizonte húmico Bruno amarelo à montante, Bruno escuro a jusante, com matéria orgânica bem ligada à matéria mineral,
- 2 Horizonte húmico Bruno escuro com matéria orgânica mal ligada à matéria mineral,
- 3 " " cinza " "
- 4 Horizonte mais escuro que aqueles que o enquadram (Bh)
- 5 Horizonte de transição
- 6 Horizonte amarelo avermelhado microagregado e arçoso a montante tornando-se progressivamente mais vivo e mais arenoso
- 7 Horizonte com volumes ferruginosos vermelhos centimétricos
- 8 Horizonte com numerosos nodulos ferruginosos
- 9 Horizonte branco re-ado (topo da alteração de formação Alter-do-Chão)

Fig.7: Transecto 1: Passagem dos latossolos aos podzóis (LUCAS e al 1984)

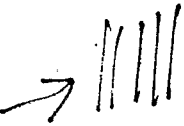
36-37

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO

3º CONGRESSO

UMA EVOLUÇÃO RECENTE DA PEDOLOGIA E SUAS IMPLICAÇÕES
NO CONHECIMENTO DA GÊNESE DO RELEVO

René Boulet (Mission ORSTM - Geociência - USP)



ESTUDO DA COBERTURA PEDOLÓGICA DE UMA VERTENTE ADJACENTE À UVALA
DO CONJUNTO CÂRSTICO DA LAPA VERMELHA DE PEDRO LEOPOLDO, MG

Rene Boulet (1)
Heinz Charles Kohler (2)
Ione Mendes Malta (3)
Heloisa F. Filizzola (4)

- (1) ORSTOM - IG/USP
- (2) IGC-MHNJB/UFMG
- (3) PUCMG - MHNJB/UFMG
- (4) PUCSP

BELO HORIZONTE

1992

29 AVRIL 1994

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

Nº : 39 546 ex. 1