

MINERALOGIA, QUÍMICA E ESTRATIFICAÇÃO DE AMBIENTES

Mauro RESENDE⁽¹⁾; Nilton CURI⁽²⁾ & Mariza Nascimento DUARTE⁽³⁾

⁽¹⁾ Professor Aposentado Departamento de Solos/NEPUT, UFV, Viçosa-MG, **Erro! Indicador não definido.** ⁽²⁾ Professor Titular Departamento de Ciências do Solo, UFLA, Lavras-MG, niltcuri@esal.ufla.br; ⁽³⁾ Pesquisadora EMBRAPA-CNPS, Rio de Janeiro-RJ, mariza@cnps.embrapa.br

RESUMO

A estratificação das paisagens é essencial para a sua compreensão. As informações sobre a mineralogia e química dos solos sintetizadas nas classes pedológicas ajudam sobremaneira nesse processo. A interpretação depende do contexto e exemplos são dados de qualidades dos ambientes brasileiros dependentes de informações sobre mineralogia e química dos solos. Os solos tendem a possuir todos os elementos essenciais; a mistura de materiais, a substituição isomórfica nos minerais e a evolução de plantas em solos talvez mais distróficos do que os atuais parecem ser responsáveis. Lixiviação e intemperização são independentes; pode-se ter lixiviação maior que intemperização explicando solos pobres com muitos minerais ricos. Os solos têm uma fonte inesgotável de fósforo total; as plantas nativas necessariamente liberam parte desse fósforo às outras plantas. A taxa de alteração da rocha em solo decresce exponencialmente com profundidade, em alguns solos mais rasos a velocidade de liberação de nutrientes por intemperização tem interesse prático, afetando as estimativas da erosão sustentável. Mesmo a ocorrência de águas ricas em nutrientes associadas a solos pobres está relacionada com características do próprio solo; a redução no poder de adsorção de fosfatos é uma delas. O teor de elementos traços tem boa relação com a magnetização dos minerais; a magnetita é um grande reservatório desses elementos, ela não ocorre na fração argila; a magemita, na fração argila, que tende a lhe estar associada é muito sensível às forças pedoclimáticas e pode desaparecer; assim a magnetização da fração areia pode em alguns casos ser um melhor indicador da riqueza em elementos traços totais. Os Latossolos eutróficos tendem a ocorrer onde a lixiviação mais reduzida pela deficiência de água e a profundidade relativamente reduzida do perfil condicionam uma reciclagem compensando a lixiviação. A estrutura granular e nutrientes vindos por via aérea talvez sejam importantes. Os substratos tiomórficos podem aflorar nos solos drenados condicionando grandes problemas para água e planta. Os padrões de enchentes no Brasil estão em grande parte relacionados a natureza dos solos e não tão só a cobertura do solos. A quase inexistência de grandes enchentes em muitas áreas dos cerrados e a sua constância na Amazônia refletem esse aspecto. Os cursos de água tendem a ser mais densos e perenes onde os solos são mais profundos e o relevo mais acidentado. Nos chapadões os cursos são muito perenes e a densidade baixa; na Amazônia, a flutuação do nível de água é muito acentuada e muitos igarapés deixam de ser perenes. Os registros históricos das enchentes mostram que o desmatamento apenas agravou um fenômeno ligado a natureza dos solos. As características dos solos, como teor de alumínio na goethita, concreções, relação cor teor de ferro, magnetização da fração argila versus da fração grosseira podem refletir condições hidrológicas atuais ou pretéritas. As condições que favorecem a redução do ferro são antagônicas as que facilitam a sua remoção; a desferrificação tende a ocorrer apenas nos solos originados de materiais pobres em ferro. O balanço entre coerência entre agregados e infiltratividade da água, dependentes da mineralogia, determinam aspectos importantes da erodibilidade dos solos; O Latossolo Amarelo, muito coeso e de baixa infiltração é um dos solos mais resistentes à erosão em sulcos; Os Latossolos ricos em gibbsita do Planalto Central, pouco coerentes, são muito suscetíveis a erosão em sulcos. A

presença de pseudomorfos de caulinita em grandes extensões do profundo manto de intemperismo do Mar de Morros facilitam o deslizamento de terra e a instalação de voçorocas nos locais de solum raso.

1 INTRODUÇÃO

Estratificar ambientes, neste trabalho, tem o sentido de separar uma área maior em porções mais ou menos homogêneas. Identificar, numa área heterogênea, as partes componentes, apresentando cada qual considerável homogeneidade. Nas estratificações de ambiente objetiva-se, em geral, a separação de áreas potencialmente diferentes quanto às comunidades possíveis. Por exemplo, previsões sobre o comportamento de tal ou tal comunidade, pastagens, talhões florestais, cultivos anuais etc.

Por que estratificar, separar uma área maior e heterogênea, em áreas menores com maior homogeneidade? Será, como na estatística, para simples efeito de amostragem?

O esforço de estratificar traz implícito quase sempre o reconhecimento de um fato comum: o de que o universo estudado é muito complexo para o nosso entendimento, e dividi-lo em zonas ou partes mais homogêneas, por algum critério, **facilita a compreensão, dando-nos um poder preditivo sobre o seu comportamento.** Assim, estratificar e classificar têm muito em comum.

Estratificar o quê?

Pode-se praticamente fazer a estratificação de qualquer coisa. Nesta abordagem interessam-nos subsistemas envolvendo solo-clima-organismos-homem (Figura 1).

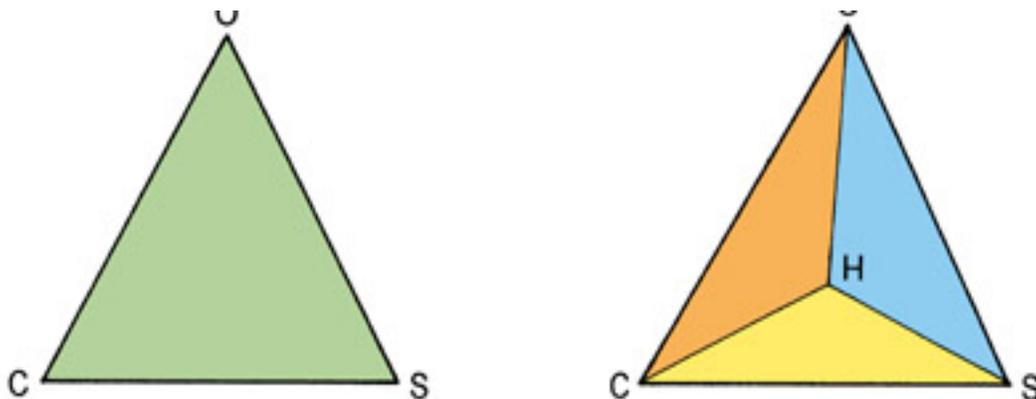


Figure 1 Inter-relações representadas pelo Tetraedro Ecológico. O = organismos; C = clima; S = solo e H= homem ou aspectos socioeconômicos (Resende et al., 1995).

No tetraedro ecológico pode-se concentrar a atenção nos vértices, linhas, planos ou no sólido, em parte ou no todo. Pode-se por exemplo enfocar a questão da sobrevivência (Figura 2), com realce na questão do alimento, do espaço, de uma forma sustentada, sem degradação comprometedoras à manutenção do sistema.



Figure 2- Neste trabalho o enfoque é o da estratificação dos ambientes com ênfase na mineralogia e química dos solos

Como fazer essa estratificação se a análise química ou mineralógica fica impraticável de se fazer a todo instante e lugar?

Será que algumas considerações sobre a gênese dos solos (Figura 3) poderiam ajudar?

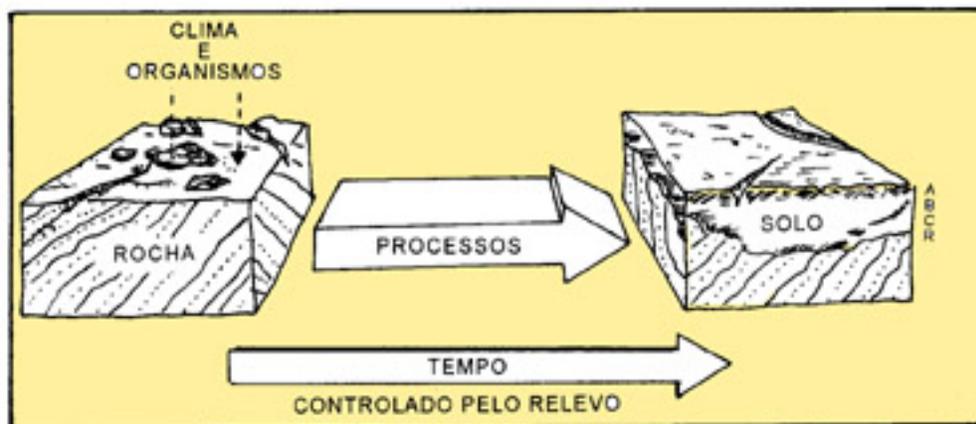


Figure 3 Fatores de formação do solo

A transformação do solo num produto sesquioxídico final, estéril, inóspito, não se completa de todo por haver forças rejuvenescedoras provendo nutrientes para que a vida continue.

Nem sempre as previsões que se podem fazer com os fatores de formação do solo são práticas. A nossa quase irresistível tendência de nos agarrar a um ou outro fator dificulta sobremaneira a reflexão sobre aquilo que a natureza mostra. Explicamos a riqueza das terras roxas pelo material de origem mas calamo-nos diante dos solos pobres originados de rochas ricas no Planalto Meridional; usamos a série de Goldich para entender que os minerais máficos se intemperizam antes dos félsicos mas nem sequer constatamos que blocos de diabásio e não de gnaisse andam aflorando em muitos locais por exemplo do Sudeste do Brasil; aceitamos a explicação de que o excesso de alumínio está relacionado com as características do cerrado, mas esquecemos de que nem todos os solos sob cerrado têm Al disponível e nem tampouco todos os solos com Al estão sob cerrado.

O fato de essencialmente a mesma rocha produzir Litólico eutrófico, Litólico álico, Latossolo Roxo Eutrófico com gibbsita(Gb) > caulinita(Ct), Latossolo Roxo álico com Gb < Ct ou Latossolo Bruno com Gb=0, conduz à conclusão de que a **Classe de solo** está estratificando a mineralogia e química melhor do que se usássemos simplesmente o material de origem como critério. Apesar dessas considerações, a influência da rocha de origem pode permanecer; conforme se verá, os Latossolos classificados considerando-se os teores de Fe₂O₃ e de TiO₂, uma consequência da natureza do material de origem (Lemos et al., 1960)), têm determinadas qualidades, por exemplo no teor de micronutrientes (Ruegg & Dutra, 1965; Cordani, 1967; Ruegg, 1975; Marques, 1988; Marques et al., 1988) que permanecem apesar da variação da mineralogia, estrutura, cor e outros aspectos químicos (Curi & Franzmeier, 1987; Resende et al., 1988; Ker et al., 1993; Medina Netto, 1993)

Percebe-se que na feitura da classe de solo há um exaustivo processo de eleição de critérios, os mais significativos possíveis, dando o máximo de poder de previsão. Como consequência, os solos são identificados e classificados baseados nas suas próprias propriedades e não nas da rocha que lhes deu origem. Isso, em particular no caso dos Latossolos, é particularmente significativo, pois algumas vezes a rocha que deu origem ao solo é inferida pelo próprio solo, não pela rocha subjacente.

Mas seria a classe de solo, por si só, suficiente para uma estratificação significativa do ambiente?

O uso das fases de vegetação original, relevo, pedregosidade, textura etc. adicionais ao nome central da classe nos levantamentos de solos feitos pelo CNPS e antecessores são particularmente úteis. Dão, além de outras coisas, informações sobre o potencial de ciclagem dos nutrientes, ao dar indicações sobre as condições hídricas e térmicas do local, impedimentos à mecanização, densidade da rede de drenagem etc. São assim, no conceito de Jenny (1958, 1980), verdadeiras ecotesselas, incluindo pedotessela e fitotessela (Figura 4).

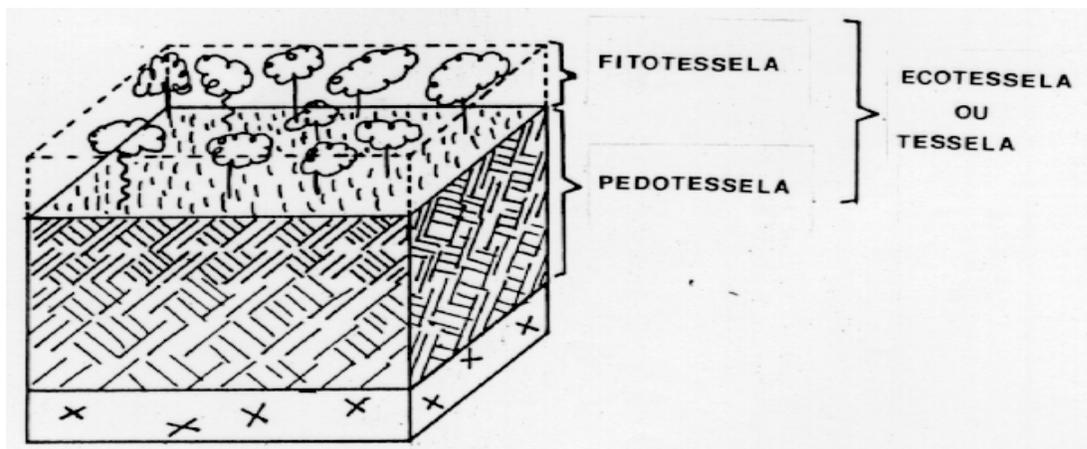


Figure 4 Ecotessela formada por pedotessela e fitotessela (adaptado de Jenny, 1958; 1980

Desse modo, na prática as classes de ambientes referem-se às informações que constam normalmente dos levantamentos de solos: **a classe central mais as fases**. Não são apenas informações sobre os perfis, um método de estudo, são sobre solos, corpos tridimensionais, paisagens,

2 NÍVEIS DE ABORDAGEM

Mesmo se usando a classe central e as fases como critério de estratificação, permanece a questão: que nível usar?

Alguém, para algum propósito, poderia estar interessado nas áreas cobertas por florestas, independente de sua natureza; ou na área de florestas tropicais subperenifólias; ou numa região ampla como o Mar de Morros; ou na classe dos Latossolos no Mar de Morros, especificando eutrofismo, tipo de horizonte A, vegetação original, relevo; ou nos detalhes dados na leitura dos perfis; ou...

As características ou atributos do ambiente começam a formar uma lista que parece não ter fim. Este tem sido um grande desafio: **como reduzir a grande soma de informação à essencialidade; como fazer síntese dos dados sem perda do que é essencial (Bennema, 1978)**. Os atributos ou características do ambiente são muitos. A característica pode ser observada no campo ou medida diretamente no campo ou no laboratório (amostra de solo por exemplo). As qualidades, por outro lado, podem ser interpretadas a partir das características observadas ou mensuradas, ou mesmo dos resultados da experiência dos agricultores etc. (Bennema et al., 1965).

O atributo ou característica é o dado isolado, a qualidade é a interpretação de um ou mais atributos no contexto de uso da terra.

Quadro 1 – Um mesmo atributo e diferentes qualidades, dependendo do contexto.

Atributo	Qualidade
Dado isolado	Interpretação
Profundidade	Deficiência de água (onde chove pouco)

	Deficiência de oxigênio (onde chove muito) Suscetibilidade à erosão Tombamento de plantas pelo vento Reposição de nutrientes pela intemperização
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nos parágrafos anteriores, duas coisas a ressaltar:

- A interpretação se faz num contexto
- Informações de campo ou laboratório, mensuráveis ou não, além da experiência do agricultor podem ajudar a compor a interpretação.

2.1 Contexto

Ao estratificar a paisagem em estratos menores reduz-se o campo de variação de muitos atributos, alguns conhecidos e muitos outros não. Isso aumenta em muito a probabilidade de se conseguir critérios simples de campo ou de laboratório capazes de ajudar decisivamente na interpretação, qualificando mais apropriadamente o ambiente. Tudo ocorre à semelhança de um local que só tivesse vacas holandesas e nelore (Resende, 1996)

Numa fazenda em que só haja vacas das raças holandesa e nelore, se alguém quiser ensinar a um menino a se utilizar do conhecimento já existente, relativo às diferenças entre as duas raças, tais como comportamento, alimentação, período de aleitamento, mansidão, resistência às doenças e parasitas, aspectos fisiológicos básicos relativos ao aparelho termorregulador, resistência das crias etc. qual será o melhor critério?

Nesse caso, o mais prático (e possível) é ensinar ao menino a separar (estratificar) as vacas brancas (nelores) das pintadas (holandesas) e a tratar esses estratos como diferentes.

Há, nesse exemplo corriqueiro, alguns aspectos deveras importantes:

(1) está sendo transmitido ao menino, para efeito de prática de manejo, o essencial, que é tratar como coisa distinta os dois estratos;

(2) além de todo o conhecimento implícito no que foi dito anteriormente, referente às qualidades dos dois estratos, certamente muitas outras coisas importantes, mas desconhecidas, estão sendo estratificadas.

As vacas vão diferir entre si, mesmo as de mesma cor; mas a separação delas em dois estratos vai aumentar muito a chance de se conseguir generalizações práticas a respeito do seu manejo.

Essa simplificação em identificar os estratos só foi possível porque na propriedade só existiam vacas holandesas e nelores. Se outras raças e misturas entre elas estivessem presentes, esse critério de separar só pela cor já não funcionaria tão bem.

Conclusão: para áreas restritas, é possível frequentemente achar critérios práticos de identificação que não funcionam num universo mais amplo. A estratificação é essencial para melhor entendimento de sistemas complexos, e o levantamento e classificação de solos são as melhores ferramentas para estratificar os ambientes em nível local. As variações entre as vacas, dentro de cada estrato, poderão ser então analisadas com mais eficiência.

3 MINERALOGIA, QUÍMICA E CONTEXTO

A seguir serão dados alguns exemplos de informações mineralógicas e químicas, num determinado contexto, ajudando a qualificar o ambiente quanto à disponibilidade de nutrientes, de água, oxigênio ou drenagem, suscetibilidade à erosão e deslizamentos de terra.

3.1 Nutrientes

Os solos têm todos os nutrientes essenciais.

Esse é um fenômeno curioso. Os autores desconhecem qualquer informação de ausência de vegetação natural por ausência de nutrientes. Há ausência de vegetação por excesso de sais, deficiência de água, temperaturas baixas etc., mas não deficiência de nutrientes.

Há nisso dois ensinamentos:

Existe planta adaptada para viver nos ambientes mais pobres em nutrientes. É provável que os solos tenham sido até mais pobres do que no presente, havendo uma seleção para plantas adaptadas a solos muito pobres. Esse parece ser o caso em particular da paisagem brasileira onde a área de Latossolos, que já foi muito maior, está sendo reduzida, entrando em seu lugar Podzólicos Eutróficos, por exemplo.

Os minerais têm em geral alguma substituição isomórfica, aumentando a chance da presença de todos os nutrientes, ainda que em quantidades muito diminutas.

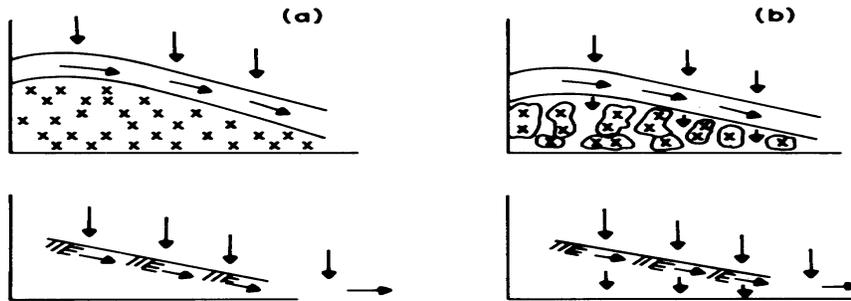
A relação intemperização/ lixiviação explica muita coisa

Apesar da ênfase dada ao estudo de equilíbrio usando a ferramenta termodinâmica (Garrels & Christ, 1965; Lindsay, 1979) e da ressalva da utilidade reduzida desta ferramenta em alguns sistemas (Schwertmann, 1985), por exemplo, no estudo dos óxidos de ferro, a paisagem brasileira apresenta –se como um grande laboratório para reflexão sobre alguns desses aspectos. Os aspectos cinéticos tem uma preponderância em relação aos termodinâmicos no determinar algumas características químicas e mineralógicas de alguns solos brasileiros.

A presença de blocos arredondados, por exemplo, de calcário ou diabásio mergulhados em Latossolos distróficos realçam esse aspecto.

Mais interessante talvez seja a presença de Litólicos álicos ou distróficos com minerais primários facilmente intemperizáveis ricos em bases, por exemplo, biotita. No caso dos blocos arredondados de calcário ou diabásio, uma questão de área de exposição, comum nas rochas massivas; a taxa de dissolução é muito lenta, não compensa a de lixiviação, daí os Latossolos pobres mesmo com fonte de minerais, em princípio facilmente solúveis. No caso dos Litólicos, o fato de que intemperização e lixiviação devem ser tratadas como distintas; o contexto ambiental, por exemplo, temperatura pode favorecer uma delas em relação a outra. No Planalto Meridional do Brasil as temperaturas relativamente baixas e o excesso de água favorecem sobremaneira a lixiviação, mas não tanto a intemperização: as bases são removidas mais rapidamente do que são liberadas. Esse balanço favorável à lixiviação pode ser ajudado pela estrutura da rocha subjacente (Figura 5), favorecendo a lixiviação lateral, empobrecendo o sistema em bases mais depressa do que a intemperização pode repor.

Figure 5 Esquema mostrando (a) maior lixiviação de bases do solo (horizontes A + B + C) quando a rocha é impermeável e tem superfície inclinada do que (b) quando está fraturada (Fonte: Resende et al. 1988a).



Existe uma fonte inesgotável de fósforo no próprio solo

Os teores de P_2O_5 extraídos pelo ataque sulfúrico (Vettori, 1959) são expressivos. Isso é particularmente acentuado nos solos ricos em ferro (Bennema, 1977), mas mesmo em solos pobres em Fe o teor é considerável (Figura 6)

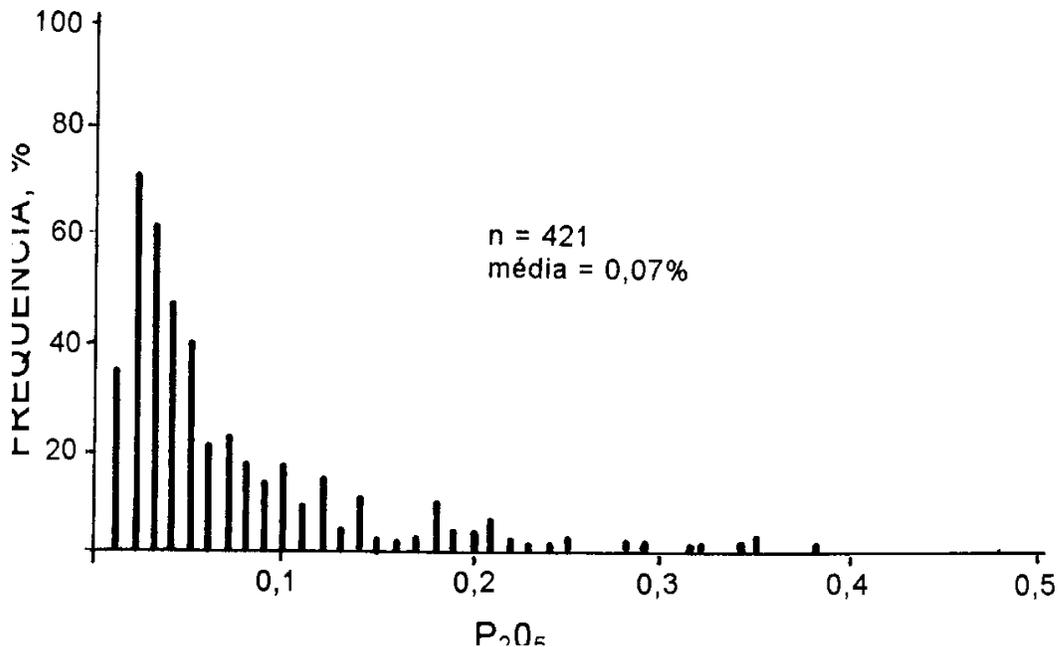


Figure 6- Fósforo total em solos do Brasil (FONTE: adaptação de dados dos levantamentos de solos do Brasil. Observação: o teor de P_2O_5 era antigamente determinado como rotina nas análises dos perfis de solos, pelo atualmente Centro Nacional de Pesquisa de Solos-EMBRAPA, já há algum tempo isso não mais é feito)

Os teores de fósforo total (Figura 6), uma média de 0,07%, são significativos. Isso equivale a mais de uma tonelada de P₂O₅ por hectare nos primeiros 20cm.

Para transformar de % em kg/ha basta multiplicar o valor em % pelo fator 10⁵ Z.D, sendo Z = profundidade em metros e D = densidade do solo em g/cm³ ou t/m³. Assim, um solo com a média de 0,07% de P₂O₅ e densidade de 1,3 t/m³ tem nos primeiros 0,2m (camada arável):

$$100.000.Z.D(0,07\%) = 100.000 \times 0,2 \times 1,3 \times 0,07$$

Ou seja, 1800kg de P₂O₅ por hectare

A taxa de alteração das rochas pode ter interesse prático

A intemperização tem sido normalmente excluída como uma fonte importante na renovação dos nutrientes. Assume-se em geral um tempo muito longo, fora de qualquer interesse prático para que a alteração tenha algum significado.

Em muitas circunstâncias os ganhos de nutrientes por intemperização (Quadro 2) parecem ser muito mais rápidos do que se pensa (Resende 1993).

Quadro 2 – Composição mineralógica e total fração areia (grossa e fina) só horizonte Bt dos Solos Brunos Não-Cálcicos do Nordeste brasileiro (descritos e analisados pelo SNLCS) e liberação pela intemperização, supondo taxa de 1mm/ano e densidade da rocha de 2,7Mg.m⁻³; dados de 49 perfis.

Mineral	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	B ₂ O ₃	NaO	MnO
-----%-----										
Quartzo(Qz)	73,0	73,000								
Feldspato(Fp)	9,7	6,276	1,785				1,793			
Biotita(Bt)	9,1	3,35	1,505	1,682	0,280	0,046	0,716	0,740	0,082	
Hornblenda(Hb)	2,5	1,100	0,276	0,200	0,042	0,295	0,318	0,020	0,035	0,006
Plagiocásios(Pg)	1,2	0,733	0,296			0,072			0,099	
Ilmenita(Il)	0,9			0,427	0,474					
Muscovita(Mu)	0,4	0,181	0,154				0,047			
Turmalina(Tu)	0,2	0,070	0,077	0,008		0,001		0,021	0,005	0,031
Titanita(Tt)	0,1	0,031			0,041	0,029				
Total	97,0	84,7	4,09	2,20	0,84	1,03	2,60	0,021	0,22	0,038
Intemperizáveis	23	11,6	4,01	1,88		0,44	1,03	2,60	-	0,006
Intemperização (kg.há ⁻¹ .ano ⁻¹)	6210	3132	1082	508	12	119	278	702	-	59

Observ. Na estimativa da intemperização, considerou-se 1mm.ano⁻¹, compatível com a taxa de erosão (e de forma conservadora) e densidade da rocha de 2,7Mg.m³

Fonte: dados originais pelo SNLCS; calculados por Resende(1983).

Ao se considerar o solo como um recurso renovável, está implícita alguma noção sobre a taxa de renovação dele; mas, apesar desta consideração, é impressionante a carência de informações precisas a esse respeito.

Nesta parte serão feitas considerações sobre a taxa de alteração das rochas sob diferentes condições climáticas e as possíveis implicações que isto pode ter no uso sustentado.

Apesar de estarem no Brasil os solos mais velhos do mundo, nenhum deles é desprovido de nutrientes nem chegou ao estágio sesquioxídico final. Por que este ponto final nunca é atingido?

O exame atento da Figura 7 ajudar a responder a questão.

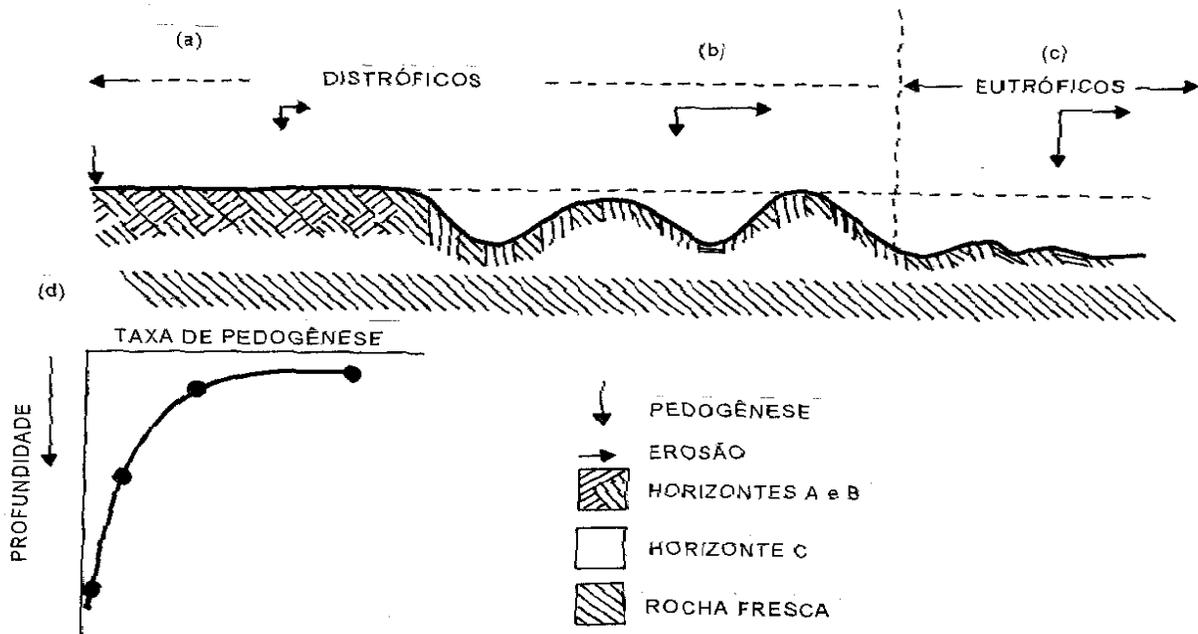


Figure 7 Taxa de pedogênese, variando conforme a profundidade do solo e a erosão; e a erosão, conforme o relevo; (a) chapadão, (b) antigo chapadão sendo dissecado e (c) rocha fresca próxima da superfície, dando origem a solos mais ricos; em (d), decréscimo da pedogênese com profundidade (Resende, 1996).

No subárido (semi-árido) nordestino é comum a presença de solos rasos acidentados sendo cultivados por muitos e muitos anos, apenas com alguns anos de pousio, voltando o processo a se repetir(Souza et al. 1990). O que se pode concluir deste fato?

Já que a erosão é intensa (em particular quando caem as primeiras chuvas) nesses solos acidentados e escassamente cobertos por vegetação, conclui-se:

- 1- A pedogênese faz-se numa taxa suficientemente alta para compensar a erosão que é muito acelerada pela declividade, escassa cobertura vegetal e intensidade das chuvas.
- 2- Os nutrientes necessários às plantas estão sendo liberados das rochas no processo de formação do solo numa taxa que tem interesse prático.
- 3- Em algumas circunstâncias há uma tendência à sustentabilidade quanto aos nutrientes, mesmo na presença de uma erosão acelerada.

A interpretação de dados de várias partes do mundo indica, para solos rasos sob condições tropicais, uma taxa muito alta (Figura 8).

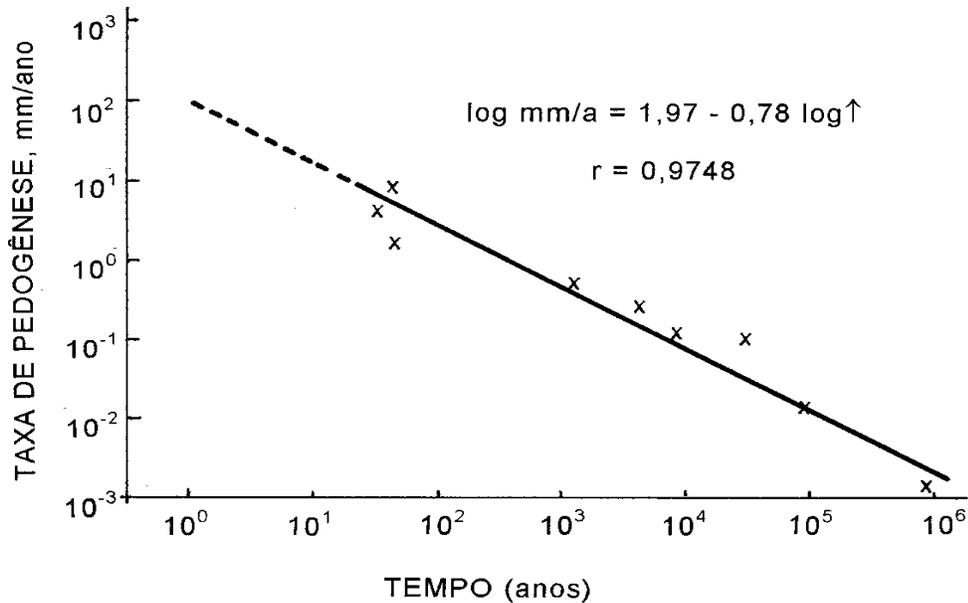


Figure 8 Taxa de formação do solo (Fonte: Resende et al., 1988)

Pode-se observar, em consonância com o que foi dito, que os solos profundos se intemperizam numa taxa muito lenta; neste caso não há renovação dos nutrientes numa taxa capaz de suprir as plantas. A erosão, neste caso, é muito mais danosa no que se refere a perdas de nutrientes.

Águas ricas e solos pobres

A relação entre a riqueza das águas e do solo podem ser bem complexas. Nem sempre a um solo pobre correspondem águas pobres (Quadro 3).

Quadro 3 - Teor de fósforo total em águas de rios, canais e lençol freático de solos brasileiros

FONTE DA ÁGUA ANALISADA	LOCALIZAÇÃO	mgL ⁻¹	FONTE
Rio Arrojado 1	Cerrado	0.026	COUTO, 1984
Rio Arrojado 2	Cerrado	0.021	COUTO, 1984
Rio Arrojado 3	Cerrado	0.027	COUTO, 1984
Lençol freático de Solo Orgânico	Cerrado	0.034	COUTO, 1984
Rio Amazonas	Amazônia	0.013	GIBBS, 1972
Rio das Velhas	Minas Gerais	0.037	COPASA, 1982
Lençol freático Podzol Hidromórfico 1 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0.937	GOMES, 1995
Lençol freático Podzol Hidromórfico 2 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0.386	GOMES, 1995
Lençol freático Areia Quartzosa-Podzol 1 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0.221	GOMES, 1995
Lençol freático Areia Quartzosa-Podzol 2 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0.004	GOMES, 1995
Lençol freático Podzol (Cabo Frio)	Restinga, Rio de Janeiro	0.308	GOMES, 1995

FONTE DA ÁGUA ANALISADA	LOCALIZAÇÃO	mgL ⁻¹	FONTE
Canal de drenagem (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0.724	GOMES, 1995
Canal de irrigação de canavial (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0.046	GOMES, 1995
Riacho cortando canavial (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0.019	GOMES, 1995
Canal lagoa Feia-Macaé (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0.008	GOMES, 1995
Canal rio Una	Restinga, Rio de Janeiro	0.019	GOMES, 1995

Fonte: Resende & Ker (1996)

Um dos exemplos mais interessantes é o descrito por Couto et al. (1985). Numa área de Latossolos Vermelho-Amarelos textura média e Areia Quartzosas as águas são ricas em fósforo solúvel, mais do que o Rio Amazonas, mantendo uma flora e fauna aquáticas marcantes em contraposição ao cerrado circundante. A presença de areia fina em grande quantidade, liberando considerável quantidade de sílica e a quase ausência de agentes capazes de absorver o P fazem com que a água seja bastante rica nesse nutriente. A estabilidade do fluxo de água, dado pela grande infiltração dos solos e grande distância entre os cursos d'água permitem que a luz penetre até grandes profundidades. Na área de Podzóis de restinga (Gomes,1995), também há grande liberação de fósforo na água. Assim, nesses sistemas a quase ausência de um adsorvente mais efetivo e a presença de íons competidores, sílica e compostos orgânicos, liberam P, o principal nutriente que limita a produtividade de ecossistemas terrestres ou aquáticos.

Talvez mais interessante ainda é o caso do Pantanal mato-grossense. Resende et al.(s.d.), consideram que lá um encadeamento de processos é o responsável pela riqueza da água em fósforo, desencadeando quase toda a beleza da fauna daquele local. A idéia proposta é de que ao subir das águas os restos orgânicos entram em rápido processo de decomposição; a água suja, ainda não decantada, dificulta o arejamento pelo fitoplâncton; nesse processo de redução, o fosfato que chegou junto às partículas em suspensão é liberado – entra em solução ou fica em formas mais facilmente disponíveis; quando da limpeza da água pela decantação, começa uma forte atividade do fitoplâncton, absorvendo grande parte desse fósforo. A superfície do solo nas depressões é pobre em ferro, em boa parte desferrificado, com baixo poder de adsorção. O fósforo na massa orgânica fica no local quando as depressões secam. O processo reinicia-se na enchente seguinte.

Elementos traços

Os elementos traços tendem a se concentrar nos solos (Quadro 4). Nisso tendem a refletir a contribuição do material de origem (Curi & Franzmeier, 1987), a não ser que processos como redução e remoção atuem de forma muito intensa. Fecha-se o ciclo: pela análise do solo, teor de Fe₂O₃ e de TiO₂, tem-se uma idéia da rocha de origem. E, pela rocha de origem, algumas previsões são feitas a respeito dos teores relativos de alguns nutrientes. Medina Netto (1993) encontrou para rochas analisadas por Marques (1988) uma relação entre a soma de cobalto, cobre e zinco (ET) com o teor de titânio (TiO₂): $ET = 605,8792 + 948,4882 (TiO_2)$, $R^2 = 0,8744$. Essa relação foi bem melhor do que a obtida com Fe₂O₃. Essa melhor correlação entre Ti e elementos traços foi também observada por Resende et al. (1988b) e Ker et al.(1993). Ainda não se sabe se essa mesma tendência vai ser observada em outros materiais mais pobres em Fe₂O₃. Diante disso talvez o teor de TiO₂ deva entrar mais decisivamente como critério classificatório em algum nível do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Quadro 4 - Teor total de metais pesados em solos, rochas e minerais selecionados

Amostra	Cr	As	Cd	Cu	Pb	Ni	Zn	Co	Fonte (1)
-----mg/kg-----									
-----Solos-----									
LV (2) (gnaisse)	n.d. (3)	2 (3)	n.d.	10	88	41	-	-	a
LU (basalto)	102	6	7398	190	24	112	-	-	a
LR (basalto)	188	10	16630	154	35	100	-	-	a
LR (basalto)	-	-	-	225 (182)	-	-	152 (58)	96 (112)	b
LR (basalto)	80	-	8	174	95	69	102	-	c
LR (basalto)	30	-	5	178	88	56	122	-	c
LR (gn/af)	257	-	13	52	138	50	72	-	c
LR (gn/af)	143	-	10	53	88	29	35	-	c
LR (cat)	221	-	17	96	184	73	110	-	c
LR (tuf.)	350	-	8	242	115	327	140	-	c
LE (calc.)	2185	-	15	22	84	140	42	-	c
LE (calc.)	118	-	8	80	111	75	52	-	c
LE (arenito)	46	n.a.	n.d.	79	93	90	-	-	a
LE (arenito/basalto)	-	-	-	82 (85)	-	-	56 (42)	80 (96)	b
LE (arenito)	-	-	-	30 (70)	-	-	21 (49)	-	b
LE (arenito)	-	-	-	79	-	-	53	48	b
LF (itabirito)	69	36	n.d.	7	84	n.d.	-	-	a
----- Rochas e minerais -----									
Basalto	77	n.d.	4509	164	18	110	112	65	a
Itabirito	64	2	16195	4	57	n.d.	-	-	a
Magnetita/ intercrescida com Ilmenita	-	-	-	670	-	-	584	160	b

(1)a: CURTI (1983), b: RESENDE et al., (1988b); c: KER et al., (1993); (2)LV = Latossolo Vermelho-Amarelo, LU = Latossolo Una, LR = Latossolo Roxo, LE = Latossolo Vermelho-Escuro, LF = Latossolo Ferrífero, gn/af = gnaisse/anfibolito, tuf = tufito, cal = calcário. Todos os dados pertinentes aos solos se referem à terra fina, exceto os entre parênteses (fração argila); (3) - = não analisado, n.d. = não detectado.

A suscetibilidade magnética nos locais de drenagem desimpedida e onde há pouco efeito de xantização tende estar relacionada com os teores de elementos traços; no entanto a magemita, o principal responsável pela suscetibilidade do LR, é muito sensível a qualquer tendência xantizante (Resende et al. 1988b). Isto é, onde há tendência de destruição da hematita há também da magemita. Assim a suscetibilidade da fração grosseira seria em princípio uma alternativa, mas há evidências de que até essa fração é reduzida sob efeito de condições redutoras.

Latossolos Eutróficos

A presença de Latossolos Eutróficos é de certa forma intrigante. Como pode um solo sem minerais primários facilmente intemperizáveis e com forte tendência à lixiviação ainda permanecer eutrófico? Não obstante o fato de a capacidade de troca de cátions desses solos ser muito baixa, o fato é que a reposição, seja por que mecanismo for, está repondo as bases. Os Latossolos Eutróficos tendem a ocorrer onde há um estresse hídrico sazonal pronunciado, fase floresta subcadufólia ou caducifólia. Uma outra característica é que esses solos tendem a ocorrer em superfícies mais jovens, mais rebaixadas. Muitas vezes onde ocorrem esses solos há evidência de que o material de origem não se encontra tão profundo quanto a sua contrapartida distrófica.

Dois mecanismos são sugeridos para explicar esse fenômeno:

1 a estrutura granular, uma tendência dos Latossolos mais gibbsíticos, tende a absorver os nutrientes quando ele é umedecido; quando secam, não há continuidade no filme de água, e o

processo de retirada dos nutrientes do interior do grânulo é interrompido. Resultado: os nutrientes como P e K, por exemplo, tendem a se concentrar no interior dos agregados (Moura Filho & Buol, 1972).

2 O processo de lixiviação, mesmo sob condições amazônicas, parece bem mais reduzido do que se pensava. Seis anos após a derrubada, os nutrientes conseguiram penetrar apenas até os primeiros 20 cm, num Latossolo Amarelo do Centro Oeste do Pará (Figura 9)

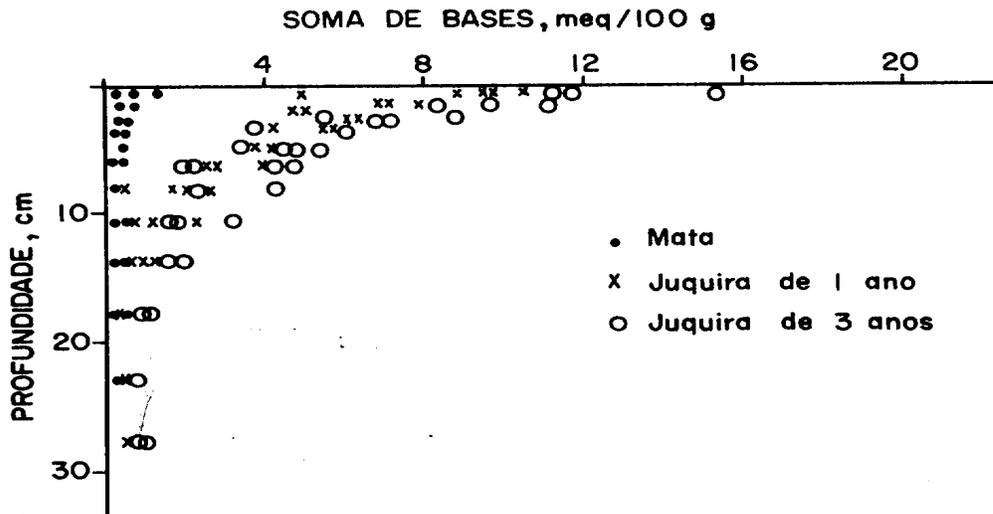


Figure 9 Nutrientes com profundidade em Latossolo Amarelo do Centro Oeste do Pará (UFV, 1979).

É possível que a reciclagem pelas raízes mais profundas compense a lixiviação, mantendo o solo eutrófico. Nesse caso, as raízes devem estar em contato com camadas mais profundas mais bem supridas de nutrientes.

Localmente parece ser possível ajustar –se critérios de reconhecimento desses Latossolos. A proximidade de áreas de afloramentos de rocha ou a maior curvatura da pedoforma, indicativos de formas mais jovens, aumento da erosão natural em relação ao aprofundamento do perfil, parecem correlacionar se com os mais eutróficos, ou menos distróficos (Figura 10)

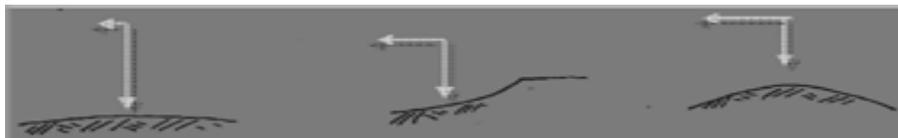


Figure 10 Pequenas diferenças na pedoforma podem ser significativas em alguns locais quanto à riqueza em nutrientes

Solos Orgânicos com substratos tiomórficos

A presença de áreas completamente desnudas, após destruição da camada de turfa na foz do rio Doce, ES, quando submetidas à drenagem, traz lições preciosas. A presença de material tiomórfico com altíssimo poder tamponante à aplicação de calcário, causando grande acidez, dificulta o estabelecimento de vegetação. Nesse material a aplicação de até 60 toneladas de calcário/ha não conseguiu fazer o pH subir até 5 (Novais & Neves, 1986). A pedido do Prof. Novais um de nós (MR) examinou o difratograma do material e constatou a presença de jarosita e alunita (Figura 11), fontes potenciais de Al.

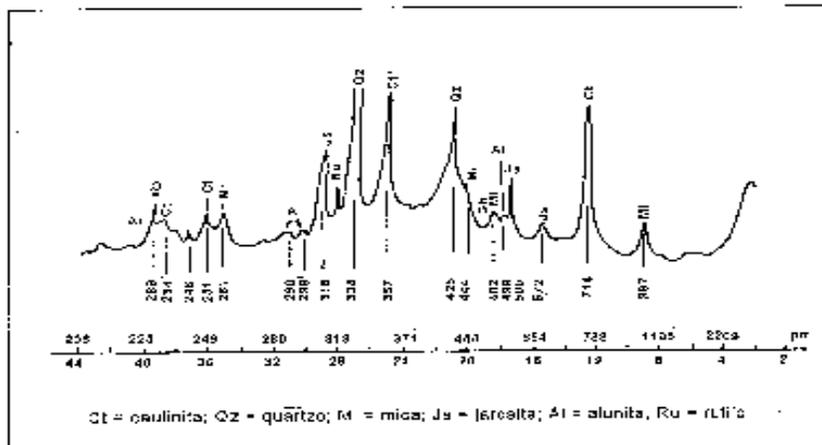


Figure 11 Difrátograma de um solo tiomórfico

O gosto da água dos canais que cortam essas áreas é suficientemente peculiar para ser reconhecido pelos habitantes da região (Prof. Lani, informação pessoal).

3.2 Água Enchentes

Basta acompanhar os noticiários a cada ano e os relatos das enchentes ocupam as manchetes de forma consistente. Enchente no Pantanal, esperada, essencial e variável em intensidade de tempo em tempo; na cidade de São Paulo; em alguns trechos do Sudeste do Brasil; no Sul do País; e as

mais dramáticas: as que ocorrem na Amazônia. No Nordeste as inundações no Sertão são intensas e rápidas e no Planalto Central quase não há menção de enchentes.

O que tem esses fatos com a mineralogia e química dos solos?

A única distinção do Planalto Central, poderia pensar alguém, é a presença do cerrado. Mas a presença dessa vegetação não explica o que se está observando, em particular quando se contrasta o cerrado com a cobertura vegetal da Amazônia. Pela vegetação esperar-se-ia muito mais enchentes no Planalto Central. Não é, tampouco, pela topografia. As enchentes, por exemplo, no Acre (Figura 12), registradas desde a época de Euclides da Cunha, atestam isso. No Planalto Central, apesar da estação seca pronunciada, os rios são de relativa estabilidade. Alguns deles apresentam pequenas flutuações de nível d'água mesmo durante a época seca (Couto et al., 1985).

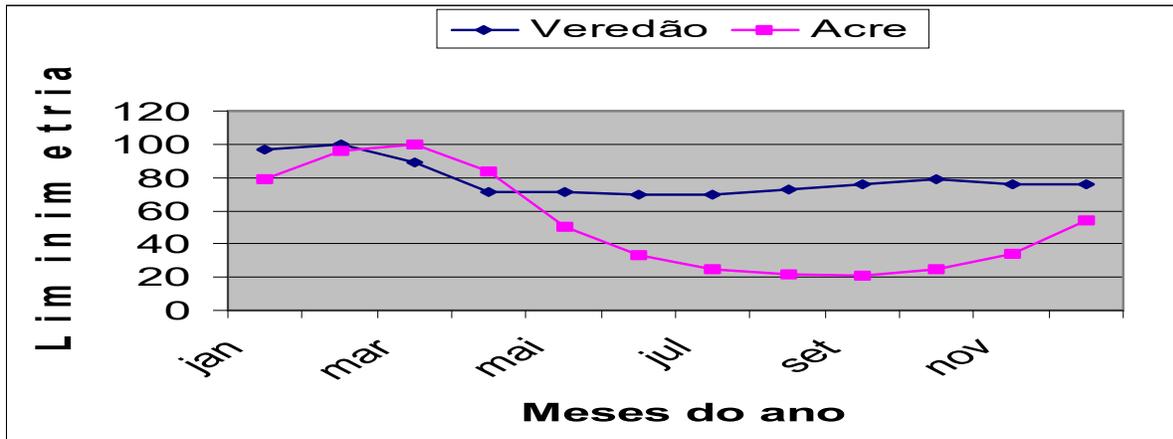


Figure 12 Nível dos rios Acre e Veredão (Fonte: adaptado de Striani & Tavares Júnior, 1981; Couto et al. 1985).

Esses fatos só se explicam por uma grande infiltratividade do solo dado por uma mineralogia propícia à formação de pequenos grânulos, tipo pó de café. O solo funciona como uma verdadeira esponja absorvendo com eficiência a água das chuvas.

No Acre, a presença de argilas mais ativas a pequena profundidade do sólum e a ausência de horizonte C poroso dificultam sobremaneira a infiltração. Apesar de ser uma região muito pluviosa, ao contrário do que acontece no Planalto Central (com déficit hídrico maior), muitos

igarapés deixam de ser perenes e mesmo os rios maiores chegaram a dificultar ou impedir o movimento dos regatões.

Os solos do Planalto Meridional são relativamente rasos, não são gibbsíticos e não apresentam a estrutura granular típica dos Latossolos gibbsíticos ou praticamente sem caulinita, como os Latossolos Ferríferos ou com muita matéria orgânica em profundidade (Latosolos com A húmico), afastada de ciclos de umedecimento e secagem pronunciados que favorecem a estrutura em blocos (EUA, 1967).

Mesmo sem haver alterações substanciais na mineralogia e independente do uso, há uma diferença pronunciada de infiltração entre horizontes A e B de, por exemplo, Latossolo Roxo (Figura 13).

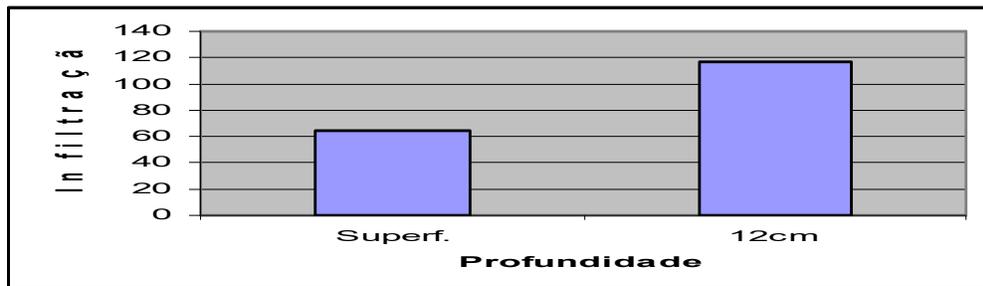


Figure 13 Infiltração dados do Moura Filho(1968)

Mais próximo à superfície a estrutura tende a ter um ajuste face a face, parecendo –se frequentemente mais a uma estrutura em blocos, apenas escurecida pela matéria orgânica, do que granular. A verdadeira estrutura granular tende a ocorrer nas camadas mais profundas.

Densidade de drenagem e perenidade

Nos itens anteriores alguns indicativos já foram dados da influência da mineralogia e química na densidade e perenidade da rede de drenagem. Os solos mais planos e altos tendem a ser mais gibbsíticos do que os mais acidentados e/ou de cotas baixas (Feuer, 1956; Camargo et al., 1960; Resende, 1976; Cavalcanti, 1977). Nas áreas mais planas a rede de drenagem tende a ser menos densa. O próprio fato de ser plana de certa forma pressupõe isso, mas a presença de Latossolos gibbsíticos com alta taxa de infiltração (Ferreira, 1988), maior até do que a dos Latossolos de textura média (Fernandes et al., 1978), faz com que as linhas de drenagem, e permanentes, só ocorram com afastamento de 2 a 3 dezenas de quilômetros uma da outra(Couto et al.,1985).

Nas áreas acidentadas os solos tendem a ser rasos; e, a não ser que seja uma região muito pluviosa, os cursos d'água tendem a ser temporários. Em muitos trechos do chamado Mar de Morros há uma combinação peculiar de solo muito profundo e relevo acidentado. A infiltração

desses solos não é tão boa quanto a dos Latossolos gibbsíticos do Planalto Central, nem tão ruim como a dos solos da Amazônia ou Planalto Meridional. A densidade de drenagem permanente é relativamente densa, permitindo a existência de um sem número de pequenas propriedades (Rezende & Resende, 1996). Mesmo em áreas pluviosas os pequenos cursos de água tendem a não ser perenes, quando os solos são pouco permeáveis e pouco profundos como, por exemplo, no Acre (Resende & Machado, 1988). Isso se dá pelo fato de não terem esses solos textura arenosa ou média e possuírem estrutura não granular, pela presença de filossilicatos que se ajustam face a face quando submetidos a ciclos de umedecimento e secagem.

Regime hídrico atual e pretérito

Os solos ricos em esmectita, argila 2:1 expansiva, costumam apresentar grandes contrastes de permeabilidade. A esmectita, quando se expande destrói os poros maiores, reduz substancialmente a infiltração. Essa mesma esmectita, quando se contrai, ao secar o solo, cria fraturas; às primeiras adições de água há grande infiltração

Esse aspecto tem um interesse biológico mais amplo: o encrostamento pronunciado de alguns solos, na ausência de vegetação, cria um ambiente muito inóspito à recolonização vegetal. Parece providencial que naqueles solos com tendência a fraturamentos pronunciados haja, às primeiras chuvas, arraste de nutrientes e sementes fratura abaixo, ajudando a amenizar as perdas pela forte erosão laminar; as raízes que crescem ao longo das fraturas ficam em maior contato com os nutrientes. As sementes que seriam arrastadas para fora do sistema ficam, algumas, retidas nas fraturas, aumentando a chance do estabelecimento de uma nova planta.

A presença de solos ricos em ferro com ausência de hematita em condições bioclimáticas propícias à presença dela, como em Latossolos Unas do Estado de São Paulo (Oliveira et al., 1991), Minas Gerais (Resende, 1976; Santana, 1984; Carmo et al., 1984), Goiás (Curi, 1983), e outros locais, desenvolvidos de basalto, está associada às condições de drenagem pretérita. Essas são indicadas inclusive pela presença de concreções ferruginosas e/ou bancadas lateríticas bem acima do lençol freático atual. O grau de substituição isomórfica de Al nessas goethitas é elevado (Resende, 1976; Curi & Franzmeier, 1984) não diferindo dos de Latossolos mais vermelhos contíguos. Quando há presença de condições de redução atuais há a formação de goethita com teor de Al bem reduzido (Motta & Kampf, 1992).

3.3 Oxigênio ou drenagem

Desferrificação: antagonismo entre redução e remoção

No processo de desferrificação, deixando o solo cinzento ou esbranquiçado, existem dois processos antagônicos: a redução do ferro de Fe(III) para Fe²⁺ e a remoção deste ferro reduzido. Na redução há necessidade de deficiência de oxigênio para que o potencial de oxirredução atinja níveis suficientemente baixos para completar a redução de todo o ferro presente; a remoção, ao contrário, só se faz de forma efetiva quando há poros livres, ocupados com ar, o que inibe a redução. A consequência desse antagonismo é que a remoção do ferro só se faz completa ou quase completa quando o teor de ferro é muito baixo. Além desse antagonismo, acrescenta-se o fato de que o Fe(III) é um oxidante, apto a receber os elétrons; onde haja muito Fe(III) torna-se muito difícil a presença de altos teores de Fe²⁺, os elétrons são recebidos com facilidade. Deve haver um contínuo processo de troca de elétrons entre Fe²⁺ e Fe(III) não permitindo que o mesmo átomo se mantenha reduzido por muito tempo. Isso talvez ajude também a explicar por que os solos ricos em ferro, mesmo quando submetidos a encharcamento, permanecem ricos em

ferro: por exemplo os Latossolos Unas, associados às áreas basálticas (Oliveira *et al.*, 1992), Podzólicos fase terraço da Zona da Mata Mineira com teores de ferro acima até de 23%, alguns deles sem um lugar muito apropriado na Classificação Brasileira de Solos.

Esses fatos fazem com que a cor esbranquiçada ou cinzenta onde haja algum oxigênio livre, uma situação normal, indique ausência de ferro(III); material de origem pobre em ferro e todas as implicações já vistas a respeito dos teores de ferro, fósforo, elementos traços etc.

3.4 Erosão

Coerência versus infiltração

A estrutura granular do horizonte B dos Latossolos lembra terra de formiga, terra poenta (poeirenta), por parecer pó quando seca, dependendo da cor, até pó de café. Os Latossolos Amarelos, ao contrário, têm aspecto maciço coeso - nada de pó. Os Latossolos ricos em gibbsita apresentam tipicamente uma estrutura granular, tipo pó de café ou terra poenta. Os grânulos de cerca de 1 mm ou menos (Lima, 1984) são muitos estáveis, dando de início a impressão nítida de grãos de areia ou silte. Esses pseudosiltos têm pouca coerência entre si; são facilmente deslocados pela água, ampliando as voçorocas, mesmo em declives suaves como em Brasília.

Os solos com estrutura em blocos, prismática, laminar, colunar etc., ricos em filossilicatos principalmente, mas não exclusivamente 2:1, ao contrário da estrutura poeirenta dos Latossolos gibbsíticos, têm uma permeabilidade muito baixa, favorecendo a presença de grande fluxo superficial (enxurrada), facilitando a erosão

Além desses aspectos, é sabido que com o aumento da espessura do filme de água entre as partículas de solo, há uma redução potencial da atração, reduzindo a coesão. Esse fato, embora seja mais bem exemplificado na areia fina molhada, que fica completamente solta ao secar, é bem presente em todos os solos. A coesão, por resultar basicamente do ajuste face a face dos filossilicatos, não é expressiva nos Latossolos gibbsíticos; mas mesmo nesses Latossolos, quando a massa é trabalhada exaustivamente com alto teor de água, assume sempre um grau de ajuste face a face que se expressa pela pegajosidade, plasticidade e, se o material é posto a secar, endurece muito. As partículas de argila silicatada têm forma de placas. Quando as partículas se ajustam face a face há um máximo de coesão: o torrão torna-se duro. O barro amassado, por exemplo, no seu preparo para a cerâmica, apresenta-se bastante duro quando seco. De outra forma: os perfis que se apresentam naturalmente duros, quando secos, têm maior número de partículas face a face. Por esse modelo os solos ricos em caulinitas de maior tamanho teriam previstamente as seguintes características: um melhor ajuste face a face e conseqüentemente maior grau de coesão e dureza quando secos; a pegajosidade, por depender de aderência a um corpo estranho, dependendo portanto de superfície específica, não acompanha esse aumento de coesão. Os Latossolos Amarelos, tipicamente coesos, não são quando com quantidade muito elevada de areia grossa, apresentam o máximo grau de coesão entre os Latossolos. E, embora algo friáveis quando úmidos, oferecem grande resistência à penetração de raízes

Há, assim, duas forças atuando no processo de erosão advindas diretamente do solo: a coerência e a permeabilidade. Ao aumento de uma corresponde a redução da outra. O solo ideal, com o mínimo de erosão, abstraídos os aspectos de declividade (Zingg, 1940), comprimento de rampa (Zingg, 1940; Musgrave, 1947; Smith & Wischmeier, 1957; Bertoni *et al.*, 1975) e forma (Walker & Ruhe, 1968; Young & Mutchler, 1969; Franzmeier, 1990), seria aquele que tivesse o máximo de coerência entre os agregados e o máximo de infiltração ou permeabilidade. Como essas são

tendências antagônicas, a otimização desses dois aspectos parece ocorrer em solos com alta permeabilidade, mas não tão alta como a dos Latossolos gibbsíticos do Planalto Central, e razoável coerência entre os agregados, mas não tão coeso como nos solos de atividade alta. Uma boa parte dos Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Unas do Sudeste do Brasil parecem se aproximar dessa situação. A grande resistência desses solos à erosão tende a ser encoberta por dois fatores agravantes: a grande declividade do terreno e a tendência de estreitamento do horizonte B pela erosão natural, fazendo com que os horizontes C e Cr se aproximem da superfície. Esses horizontes ao contrário dos horizontes A e B, são facilmente erodíveis; e uma vez expostos não oferecem quase resistência à erosão (Figura 14)

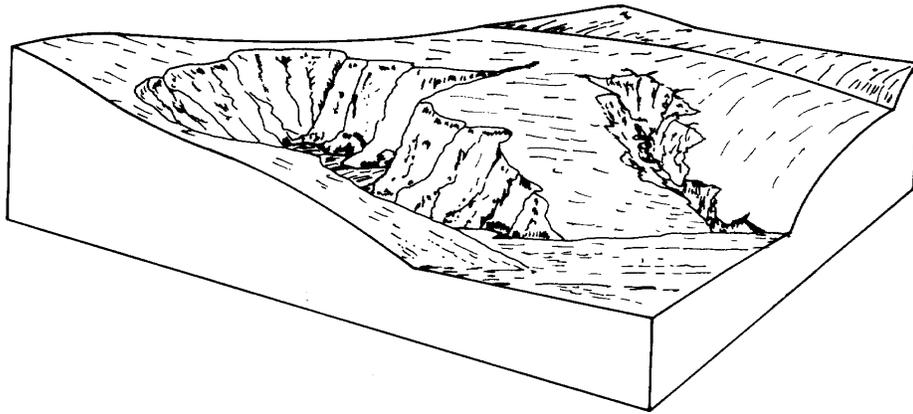


Figure 14
Erosão de
Latossolo

Vermelho-Amarelo com solum raso.

Pseudomorfos e espessura do solum

Os minerais primários ao se intemperizar tendem a produzir filossilicatos de tamanho muito pequeno e de grande área específica; depois estes, ainda bastante instáveis, são substituídos por outros de tamanho maior ou menor área específica. As argilas mais ativas formadas nos processos iniciais de intemperismo podem, por exemplo ser substituídas por caulinitas. Esse quadro, embora comum, tem exceções: gibbsita e goethita podem se formar bem junto à rocha fresca (Melfi & Levi, 1971; Resende, 1976) e talvez sofrer transformações perfil acima não muito bem conhecidas ainda; pseudomorfos cauliniticos (Pinto, 1971; Parzanese, 1991) do tamanho de silte e areia dos horizontes C do Mar de Morros quebram-se no horizonte B, diminuem de tamanho num ajuste às condições físicas de expansão e contração. Nesses três exemplos, três condições: transformação de um mineral noutro; formação de minerais estáveis e que continuam perfil acima; formação de mineral estável na composição mas que se quebra em direção à superfície.

Explica-se o fato dos minerais secundários apresentarem maior área específica do que os primários por serem, em geral, filossilicatos. A história parece mais complexa quando se trata do mesmo grupo de minerais: a hematita do itabirito com a pedogênese aumenta a área específica; os pseudomorfos de caulinita, comuns no horizonte Cr de muitos solos originados de rochas gnáissicas e graníticas dos Mares de Morros, quebra-se em direção à superfície (Resende, 1981), aumentando a sua superfície específica e também sua capacidade de troca. Conclusão: o modelo

que se tem de intemperismo precisa ser aperfeiçoado para incorporar essas aparentes contradições - os minerais por alteração diminuem de tamanho dependendo da contribuição de duas forças opostas: (1) tendência de quebra do cristal por efeito físico (particularmente importante nos filossilicatos), e (2) redução de estabilidade por redução de tamanho por atuação química. O tamanho resultante é a otimização dessas duas forças.

Os pseudomorfos têm uma importância muito grande no comportamento do solo. A pouca quantidade de argila nos horizontes C e principalmente Cr de grandes trechos do Sudeste do Brasil faz com que as partículas tenham um comportamento peculiar em relação à água: com os ciclos de umedecimento e secagem as partículas dos pseudomorfos tendem a se arranjar face a face, criando um encrostamento superficial nas paredes das voçorocas, por exemplo, que dificultam a infiltração de água.

Por outro lado, essa crosta é facilmente rompida pela água que escorre barranco abaixo, criando microvoçorocas na parede maior; mas, mais importante do que tudo isso, talvez, é a instabilidade desse material rico em pseudomorfos em contato com a água. As partículas entram facilmente em suspensão quando o volume de água aumenta, perde toda a resistência (perde a coerência) e é quadro comum o solapamento nas paredes próximas ao piso das voçorocas provocando os desmoronamentos.

Deslizamentos

Os movimentos de massa, em que as partículas se deslocam em conjunto, mantendo as mesmas relações geométricas entre si, podem ser lentos, como os que mostram árvores tortas num efeito de ajustamento; rápidos, como os deslizamentos de terra. Na Zona da Mata de Minas Gerais há um grande número de cicatrizes deixadas por esses deslizamentos (Figura 23).

Os desmatamentos têm sido sempre responsabilizados por isso. No entanto esses deslizamentos ocorrem mesmo sob a floresta mais exuberante. O substrato tem muito a ver com todo o processo. No Sudeste do Brasil o profundo manto de intemperismo num relevo acidentado, e mais a presença de um horizonte C muito espesso com quantidades substanciais de pseudomorfos de caulinita, ajustados face a face por serem derivados pelo menos em parte de flocos de biotita, conferem uma certa descontinuidade de fluxo de água nesse profundo manto de intemperismo. A criação desses microambientes chega a ser tão pronunciada que esmectita quase pura pode localmente ocorrer, mergulhado num profundo manto de material caulínico pobre em bases. (Informação pessoal do Prof. Sérvulo B. Rezende). A razoável infiltração da água, o profundo manto de intemperismo e a pequena coesão entre as partículas (apenas quando o solo está encharcado), conforme já comentado, ultrapassam com frequência os limites de resistência, provocando os deslizamentos.

A presença de horizontes inumados (Ribeiro et al., 1972) em seqüência nos sopés das elevações, um deles com datação de carbono de 6350 anos (dados obtidos graças à Professora Cristina Helena Ribeiro Rocha Augustin da UFMG) sugere claramente essa tendência de desmonte dessa parte do Brasil. O desmatamento apenas acelera, talvez, uma tendência natural.

CONCLUSÕES

As estratificações baseadas nas classes de solo (incluindo as fases de levantamento) são as únicas que incorporam informações sobre mineralogia e química com detalhe.

Na estratificação dos ambientes a classe de solo é mais informativa do que a rocha subjacente; e a paisagem ou ecotessela mais do que a classe de solo.

Os levantamentos de solos no Brasil feitos pelo CNPS e antecessores mapeam ecotesselas (com a vegetação inferida como original), paisagens, e não apenas perfis ou classes de solos..

A mineralogia e química dos solos são essenciais para a compreensão de muitos fenômenos relacionados a: disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas; nutrientes nos cursos de água; enchentes; densidade e perenidade dos rios; erosão e deslizamentos de terra.

4. BIBLIOGRAFIA

- BENNEMA, J. Land evaluation for agricultural land use planning. In: SWINDALE, L. D. Soil resource data for agricultural development. Honolulu, University of Hawaii, 1978. P.130-40
- BENNEMA, J. Total-phosphorus content in relation to total iron and to carbon content in brazilian Oxisols. In: Conference on Classification and Management of Tropical Soils, p.3-15. Kualalampur, Madagascar. 1977.
- BENNEMA, J., BEEK, K.J. & CAMARGO, M.N. Interpretação de levantamento de solos no Brasil. Primeiro esboço: um sistema de classificação da capacidade de aptidão de uso da terra para levantamentos de reconhecimento de solo. Rio de Janeiro, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo/FAO, 1965. 51p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENNATI JÚNIOR, R. Equações de perdas de solo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1975. 25 p. (Boletim Técnico, 21)
- CAMARGO, M.N. et al. Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônômicas. Levantamento de Reconhecimento dos Solos da Região sob Influência do reservatório de Furnas. Rio de Janeiro, CNEPA-SNPA, 1962. 462p. (SNPA - Boletim Técnico, 13).
- CARMO, D.N.; CURTI, N. & RESENDE, M. Caracterização e gênese de Latossolos da Região do Alto Paranaíba (MG). R. bras. Ci. Solo, 8:235-240. 1984.
- CAVALCANTI, A.C. Estudos de Latossolos argilosos do Planalto Central do Brasil: caracterização, distinções de acordo com duas superfícies de aplainamento, gênese e classificação. UFRRJ, 1977. 185p. (Tese M. S.)
- CORDANI, U. G. & VANDOROS, P. Basaltic rocks of the Paraná Basin, in Problems in Brazilian Gondwana Geology. I International Symposium on Gondwana Stratigraphy and Paleontology. p. 207-231. Paraná - Brazil. 1967
- COUTO, E.G. Caracterização, gênese e uso dos solos utilizados pelos agricultores do Alto Rio Arrojado, Bahia, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 1984. (Tese MS).
- COUTO, E.G.; RESENDE, M. & REZENDE, S.B. Terra ardendo. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, 3(16):48-57, 1985.
- CURTI, N. & FRANZMEIER, D.P. Effect of parent rocks on chemical and mineralogical properties of some Oxisols in Brazil. Soil Science Society of America Journal, Madison, 51:153-158, 1987.
- CURTI, N. & FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J., 48(2): 341-6, 1984.
- CURTI, N. Lithosequence and toposequence of Oxisols from Goiás and Minas Gerais States, Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1983. 158p. (Tese Ph.D.)
- EUA. Soil Survey Staff. Supplement to soil classification system (7th approximation). Washington, DC, USDA/SCS. 1967. 207p.
- FERNANDES, B., RESENDE, M. & REZENDE, S.B. Caracterização de alguns solos sob cerrado e disponibilidade d'água para as culturas. Experientiae, Viçosa, 24(9):20960, 1978.

- FERREIRA, M.M. Influência da mineralogia nas propriedades físicas de latossolos brasileiros. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1988. 81p. (Tese de Doutorado).
- FEUER, R. An exploratory investigation of the soils and agricultural potential of the soils of the future Federal District in the Central Plateau of Brazil. Ithaca, Cornell University, 1956. 432p. (Tese PhD.)
- FRANZMEIER, D. P. Soil landscapes and erosion processes. In: LARSON, W.E., FOSTER, C.R.; ALLMARAS, R.R. & SMITH, C. M. Proceedings of soil erosion and productivity workshop. 1990. St. Paul, Un. of Minn. 1990. p81-104..
- GARRELS, R. M. & CHRIST, C. L. Solutions, minerals, and equilibria. San Francisco, Freeman. 1965. 450p.
- GIBBS, R.J. Water chemistry of the Amazon River *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 36:1061-1066. 1972.
- GOMES, J. B. V. Caracterização, gênese e uso dos solos de três sítios de restinga sob diferentes coberturas vegetais no Estado do Rio de Janeiro. Viçosa, MG., UFV. 1995. 158p.(Tese MS).
- JENNY, H. Role of the plant factor in the pedogenic functions. *Ecology* 39 (1):5-16. 1958.
- JENNY, H. The soil resource - origin and behavior. New York, Springer - Verlag, 1980. 377p. (Ecological studies, 37).
- KER, J.C.; MOTTA, P.E.F.; RESENDE, M.; CARVALHO FILHO, A. & ARAUJO, W.S. Elementos traços em Latossolos Roxos desenvolvidos de diferentes materiais de origem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993. Goiânia. Resumo... Goiânia, SBCS, 1993. vol.2, p.319-320.
- LEMOS, R.C. et al. Levantamento de Reconhecimento dos Solos no Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, CNEPA-SNPA, 1960. 634p. (SNPA. Boletim Técnico, 12)
- LIMA, P.C. Micromorfologia de "horizonte B" de Latossolos do Sudeste e Sul do Brasil. In: Reunião de Classificação, Correlação de Solos e Interpretação de Aptidão Agrícola, 3., Rio de Janeiro, RJ, 1984. Anais... EMBRAPA/SNLCS/SBCS, 1988. p.391-411. (SNLCS. Documentos, 12)
- LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. New York, Wiley- Inter science, 1979. 449p.
- MARQUES, L. S. Caracterização geoquímica das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná: implicações petrogenéticas. Tese de Doutorado, USP, 176p. 1988
- MARQUES, L. S.; PICCIRILLO, S. J.; MELFI, A. J.; COMINCHIAAROMONTI, P. & BELLINI, S. Distribuição de terras raras e outros elementos traços em basaltos da Bacia do Paraná (Brasil Meridional). *Geochimica Brasiliensis*, Rio de Janeiro, 3(1): 33-50. 1988.
- MEDINA NETTO, A. Ambientes e uso da terra em Itapúa Sul – Paraguai. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1993. 112p. (Tese Mestrado)
- MELFI, A. J. & LEVI, F. Geochemical and mineralogical study of the first stages of weathering of basic and related rocks. Part 1- Mineralogical study. *Rev. Bras. Geociências*. 1: 22-28. 1971.
- MOTTA, P. E.F. & KAMPF, N. Iron oxide properties as support to soil morphological features for prediction of moisture regimes in Oxisols of Central Brazil. *Z. Pflanzenernahr, Bodenk.,* 155: 385-390, 1992.
- MOURA FILHO, W. & BUOL, S.W. Studies of a Latosol Roxo (Eustrustox) in Brazil: clay mineralogy. *Experientiae*, 13(7):218-24, 1972.
- MOURA FILHO, W. Characterization of the physical, chemical, and micromorphological changes engendered by the cultivation of a soil in the Triângulo of Minas Gerais, Brazil. Raleigh, NC, North Carolina State University, 1968. 54p. (Tese M.S.)

- MUSGRAVE, G. W. The quantitative evaluation of factors in water erosion, a first approximation. *J. Soil Water Cons.* 2:133-138. 1947.
- NAIME, U. J. Caracterização de solos de terraços nas Zonas da Mata e Rio Doce, Minas Gerais. Viçosa, UFV. 1988. 76p. (Tese M.S.)
- NOVAIS, R. F. & NEVES, J.C.L. Estudos sobre a correção e fertilização de solos de várzea da AGRIL Ltda., para o cultivo do arroz. Viçosa, UFV, 1986. 38p. (Relatório parcial)
- OLIVEIRA, J.B.; RESENDE, M. & CURI, N. Caracterização e classificação de Latossolos Variação Una e solos correlatas da região de Guaíra, SP. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas, 15:207- 218, 1991.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.& CAMARGO, M. N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.
- PARZANESE, G.A.C. Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de rochas granitóides na região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1991. 117p. (Tese MS).
- PINTO, O.C.B. 1971. Formation of a Kaolinite from a biotite- feldspar gneiss in four strongly weathered soils profiles from Minas Gerais, Brazil. Lafayette, Purdue University. 1971, 133p. (Tese M.S.)
- RESENDE , M. et al. Reflexões sobre as relações homem-solo [s.n.t.]
- RESENDE M& MACHADO, R. Cotas fluviométricas do Rio Acre, suas causas e implicações na política de colonização. *Acta Amazônica*, Manaus. 18(3-4): 85-92. 1988.
- RESENDE M; CURI, N. & SANTANA, D.P. Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações. Piracicaba, EC/ESAL/POTAF'OS, 1988a. 83p.
- RESENDE, M. ; SANTANA, D.P.; FRANZMEIER, D.P. & COEY, J.M.D. Magnetic properties of brazilian Oxisols. In: CAMARGO, M.N. & BEINROTH, F.H. (eds.), *Proceedings of the Eighth International Soil Classification Workshop*. Brasília, EMBRAPA. 1988b.
- RESENDE, M. Bruno-Não-Cálcico, interpretação de um perfil. Mossoró, ESAM. 1983a. 165p. (ESAM Coleção Mossoroense, 218).
- RESENDE, M. Bruno-Não-Cálcico, interpretação e um perfil. Mossoró, ESAM. 1983a. 165p. (ESAM Coleção Mossoroense, 218).
- RESENDE, M. Mineralogy, chemistry morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil. Lafayette, Purdue University, 1976. 237p. (Tese PhD)
- RESENDE, M. R. & REZENDE, S.B.R. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. *Inf. Agropec.* Belo Horizonte, 9(105): 3-25, 1983.
- RESENDE, M.; CURI, N. REZENDE, S. B. & CORRÊA, G. F. Pedologia: base para distinção de ambientes. Viçosa, NEPUT, 1995. 304p.
- RESENDE, M.; KER, J.C. & BAHIA FILHO, A. F.C. Desenvolvimento sustentado do cerrado. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F.& FONTES, M.P.F.(eds) *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, MG:SBCS; UFV, DPS, 1996. p169-199.
- RESENDE, M.; LANI, J. L. & CORRÊA, G. F. Caracterização dos solos tropicais brasileiros. Brasília, ABEAS, 1995. 254p.(Curso de Agricultura Tropical,. Os Solos Tropicais. Modulo 1.2)
- RESENDE, M. O manejo do solo na agricultura sustentável. In: *CONFERENCIA INTERNACIONAL, TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL*. Porto Alegre, set. 96. (n.p.).
- REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE APRIDÃO

- AGRÍCOLA DE SOLOS, 2., Rio de Janeiro, 1983. Anais... Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS/SBCS, 1983. 138p. (EMBRAPA-SNLCS - Documentos, 5)
- REZENDE, S. B.; RESENDE, M. & GALLOWAY, H.M. Cronotoposseqüências de solos em Viçosa, Minas Gerais. Rev. Ceres, 19 (103):167-81, 1972.
- REZENDE, S.B. Geomorphology, mineralogy and genesis of four soils on gneiss in Southeastern Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1980. 143p. (Tese de Doutorado)
- REZENDE, S.B.R.& RESENDE, M. R. Solos dos Mares de Morros: ocupação e uso. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F.& FONTES, M.P.F.(eds) O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG:SBCS; UFV, DPS, 1996. p261-288.
- RIBEIRO, A.C.; RESENDE, M. & FERNANDES, B. Latossolos com horizonte subsuperficial escurecido, na Região de Viçosa. Rev. Ceres. Viçosa, 19(104):280-298. 1972.
- RUEGG, N. R. & DUTRA, C. V. Short note on the trace element content of undifferentiated basaltic rock of the State of São Paulo, Brazil. An. Acad. Bras. Ci., 37(3/4): 491-496.1965
- RUEGG, N.R. Modelos de variação química na Província basáltica do Brasil Meridional. Características de teor, distribuição geográfica e diferenciação. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1975/ v.1 e 2. 309p. (Tese de Livre Docência).
- RUIZ, H.A. Efeito do conteúdo de água no solo e transporte de fósforo em dois Latossolos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1985. 86p. (Tese de Doutorado)
- SANTANA, D. P. Soil formation in a toposequence of Oxisols from Patos de Minas region, Minas Gerais State, Brazil. West Lafayette, 1984. 129p. (Tese PhD)
- SCHWERTMANN, U. Some properties of soil and synthetic iron oxides. In: STUCKI, J.W. & GOODMAN, A., ed. Iron in soils and clay minerals. Bad Windsheim, Nato Advanced Study Institute, 1985. p.550-614.
- SMITH, D. D. & WISCHMEIER, W. H. Factors affecting sheet and rill erosion. Transactions, American Geophysical Union 38(6): 889-896. 1957
- SOUZA, R.; RESENDE, M.; NUNES FILHO, J. & LIMA E S°, V.A. Solos Brunos Não-Cálcicos: a terra, o homem e o uso. Pesq. Agropec. Pernambucana, 1990.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIC,OSA. Levantamento exploratório, com intensidade, de solos do Centro-Oeste do Estado do Pará. Viçosa, Convênio INCRA/UFV, 1979. 266 p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VICOSA Levantamento de recursos de solo para uso: Sudoeste da Bahia Interflúvio Arrojado/Veredãozinho. Viçosa, UFV/SIF. 1984a. 129p.
- VETTORI, L. As relações Ki e Kr na fração argila e na terra fina. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 7; Piracicaba, 1959. Anais..., Piracicaba, Soc. bras. Ci. Solo, 1959.
- WALKER, P. H & RUHE, R. V. Hillslope models and soil formation. II Closed systems. Trans. 9th International Cong. Soil Science. 4: 561-569. 1968. Adelaide, Australia
- YOUNG, R. A. & MUTCHLER, C.K. Effect of slope shape on erosion and runoff. American Society of Agricultural Engineers, St.Joseph, Michigan, 12(2): 231-233, 239. 1969
- ZINGG, A. W. Degree and length of land slope as it affect soil loss and runoff. Agricultural Engineering, St. Joseph, Mich., 21: 59-64, 1940