

COLÓQUIO INTERDISCIPLINAR FRANCO-BRASILEIRO

"ESTUDO E CARTOGRAFIA DE FORMAÇÕES
SUPERFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES EM
REGIÕES TROPICAIS"

non facunde
notices
11669 a 11669

VOLUME I
COMUNICAÇÕES E DEBATES

27 AGOSTO
8 SETEMBRO 1978

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

SÃO PAULO
1983

Colóquio Interdisciplinar Franco Brasileiro
ESTUDO E CARTOGRAFIA DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SUAS
APLICAÇÕES EM REGIÕES TROPICAIS

Este volume reúne as comunicações preparadas para o Colóquio ESTUDO E CARTOGRAFIA DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES EM REGIÕES TROPICAIS, realizado em São Paulo e Belo Horizonte, de 27 de agosto a 8 de setembro de 1978, organizado pelo Laboratório de Pedologia e Sedimentologia, Instituto de Geografia, Departamento de Geografia, ambos da USP, e Centre de Géomorphologie du CNRS, de Caen, França.

O programa previu a realização de excursões às regiões do Médio Vale do Rio Parateí, na Serra de São Pedro e Vale do Rio Piracicaba, de Marília e Vale do Rio do Peixe, no Estado de São Paulo, e na região do KARST de Lagoa Santa em Minas Gerais, constantes do VOLUME II - EXCURSÕES.

Foram realizadas simultaneamente sessões de discussões dos temas indicados, iniciando-se pela apresentação de textos de síntese por parte dos relatores, seguindo-se comunicações e discussões.

Colloque Interdisciplinaire Franco Brésilien
ETUDE ET CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES ET
SES APPLICATIONS EN ZONES TROPICALES

Cet ouvrage groupe les communications qui ont été préparées pour le Colloque ETUDE ET CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES ET SES APPLICATIONS EN ZONES TROPICALES, qui a eu lieu à São Paulo et Belo Horizonte du 27 août au 8 septembre de 1978, organisé par le Laboratório de Pedologia e Sedimentologia, Instituto de Geografia e Departamento de Geografia, FFLCH, de la USP, et par le Centre de Géomorphologie du CNRS, Caen, France.

Le programme avait prévu des excursions sur le terrain dans les régions de la Moyenne Vallée du Paratei, de la "Serra" de São Pedro et Vallée du Piracicaba et dans la région de Marília et de la Vallée du Peixe, dans l'Etat de São Paulo, ainsi que dans la région du Karst de Lagoa Santa à Minas Gerais, exposées dans le VOLUME II - EXCURSIONS.

Le programme avait prévu, en outre, la réalisation simultanée de séances pour la discussion des thèmes indiqués ci-après, débutant par des exposés de synthèse de la part des rapporteurs suivis des communications et des discussions.

TEMA III

CARTOGRAFIA PEDOGEOQUÍMICA DAS COBERTURAS PEDOLÓGICAS DO BRASIL*

A.J. MELFI**
G. PEDRO***
B. VOLKOFF****

I - INTRODUÇÃO

Os trabalhos de cartografia pedológica, que desde 1958 sistematicamente vêm sendo realizados pelo SNLCS, RADAM, EMBRAPA, etc., contribuíram de forma decisiva no conhecimento da distribuição e da natureza dos principais tipos de solos do Brasil. Este nível de informação se encontra parcialmente resumido no mapa de solos da América do Sul, elaborado pela FAO-UNESCO, em 1971, sob a orientação de Dudal (escala de 1:5.000.000).

Em todos estes trabalhos cartográficos, as unidades pedológicas foram estabelecidas essencialmente com base em classificações ou legendas que podem ser consideradas mais morfológicas, que genéticas (morfogenéticas). Desta forma, o tipo de evolução geoquímica do embasamento geológico, nem sempre fica perfeitamente estabelecido.

Esta foi a razão principal que motivou a realização do presente estudo, o qual tem como objetivo a análise das coberturas pedológicas do Brasil, sob um ângulo estritamente pedogeoquímico, e baseado no estudo da evolução da fração mineral.

Para atingir tal objetivo foram elaboradas cartas temáticas relativas à extensão atual dos diferentes ambientes pedogeoquímicos e à repartição das principais tendências evolutivas, envolvidas na gênese das coberturas pedológicas.

A realização deste estudo foi possível graças a existência de um primeiro inventário dos principais tipos de solos do Brasil, e dos conhecimentos fundamentais que hoje possuímos a respeito da geoquímica dos processos pedológicos (HARRISON, 1914; HARRASSOWITZ, 1926; GEDROIZ, 1928; GARRELS, 1957; JACKSON, 1963; MILLOT, 1964; PEDRO, 1964 e TARDY, 1969).

II - METODOLOGIA

A - Bases Geoquímicas

A caracterização geoquímica de um solo fica perfeitamente definida a partir de dois tipos de dados, referentes à fração mineral:

- * Trabalho realizado com o apoio financeiro da FAPESP
- **Departamento de Geologia Geral - IG/USP
- ***Departement de Science du Sol - INRA/VERSAILLES
- ****Section de Pédologie - ORSTOM (Atualmente DGG-IG/USP)



- dados cristaloquímicos, que relacionam os minerais secundários individualizados por neogênese ou transformação (argilo-minerais, óxidos e hidróxidos) e os minerais alteráveis, que permanecem no meio de alteração. Tais dados dizem respeito ao tipo e ao grau de alteração.
- dados físico-químicos, ligados ao estado das superfícies e dos espaços interfoliares dos argilo-minerais. Dizem respeito à natureza dos cátions externos, bem como sua importância em relação à saturação original dos edifícios secundários.

a)- Caracterização cristaloquímica

A natureza cristaloquímica dos minerais secundários, tais como os argilo-minerais, óxidos e hidróxidos, decorre da intervenção de certos processos, diretamente dependentes das condições do meio.

Na zonas intertropicais e sub-tropicais do Globo, o mecanismo essencial da alteração superficial das rochas é a hidrólise (PEDRO, 1966). A intensidade da hidrólise, e portanto, a natureza dos produtos neoformados vai depender das condições termohídricas do meio. Existem, desta forma, várias possibilidades:

- No caso da hidrólise total, a dessilicificação e a desalcalinização são completas; tem-se a alitização, com individualização de Gibbsita.
- No caso da hidrólise parcial, com desalcalinização completa e dessilicificação parcial, ocorre a monossilicificação, com o desenvolvimento de argilo-minerais do tipo 1/1 (caolinita).
- No caso da hidrólise ser fraca e caracterizada por uma eliminação parcial de sílica e de bases, ocorre a bissilicificação, com a edificação de argilo-minerais 2/1, do tipo beidellita-montmorilonita.

Tais diferenciações mineralógicas dizem respeito somente ao sistema Si-Al. Entretanto, o ferro, que é um constituinte comum da maior parte dos silicatos formadores das rochas cristalinas da litosfera, também participa do processo hidrolítico, permanecendo integralmente no meio de alteração, acumulando-se sob a forma de compostos ferruginosos de neoformação.

Levando-se em consideração seu comportamento tem-se:

- No caso da hidrólise total, o ferro se individualiza sob a forma de óxidos ou hidróxido, independentemente dos outros constituintes secundários. É a ferruginização.
- Quando a hidrólise é parcial, parte da sílica liberada pode se combinar com o ferro e dar origem a hidroxissilicatos ferríferos do tipo 2/1. É a bissiferitização.

Os vários processos decorrente da hidrólise e envolvendo os sistemas Si-Al e Si-Fe podem ser esquematizados na Tabela 1.

O exame desta tabela evidencia a existência de dois tipos principais de coberturas pedológicas, diretamente associadas ao mecanismo hidrolítico: cobertura ferralítica, onde o ferro aparece sob a forma de óxidos ou hidróxidos, associada à caolinita ou à

TABELA 1 - COMPORTAMENTO DO SILÍCIO, ALUMÍNIO E FERRO NO DECORRER DA ALTERAÇÃO HIDROLÍTICA DAS ROCHAS PERTENCENTES A SEQUÊNCIA SIALFERRICAS

Condições de Alteração	Grau de alteração			
	Concentração em SiO ₂ nas águas de alteração			
Sistema Si - Al	Gibbsita	Caolinita		Esmectita
	Alitização	Monossilização		Bissialitização
Sistema Si - Fe ^{III}	Esmectitas			
	Hidróxidos Fêrricos	Nontronita		
	Ferruginização	Bissiferritização		Esmectitas Alumino - Ferríferas
Paragênese	Gibbsita + Hidróxido Fêrrico	Caolinita + Hidróxido Fêrrico	Caolinita + Nontronita	Esmectitas alumino ferríferas e alumi nosas
Geoquímica	Desalcalinização total		Desalcalinização parcial	
Processo	Ferralitização		Sialferrização	
Relação SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (K _i)	K _i < 2		K _i > 2	

gibbsita (Ki inferior ou no máximo igual 2); cobertura Sialférica, caracterizada pela presença de silicatos argilosos 2/1 (Ki superior a 2).

Entretanto, é necessário considerar que, os vários tipos de alteração são definidos para uma alteração completa, isto é, igual a 100%. Desde que o valor seja inferior a 100%, a constituição da fração argila do solo é heterogênea, e formada por minerais neoformados associados a minerais herdados ou transformados. Existem, por exemplo, casos onde as argilas de neoformação são do tipo caolinita, mas a presença de argilas herdadas (micáceas) ou transformadas (argilas aluminizadas) levam o Ki destes materiais a apresentarem valores superiores a 2; trata-se da alteração sialítica mista.

Por outro lado, sabe-se que a natureza dos óxidos de ferro, individualizados no decorrer da ferruginização (cobertura ferralítica) e sua evolução pedogeoquímica, estão intimamente relacionadas às condições do meio. Assim, existe uma via hematítica, que ocorre quando a drenagem é boa as águas que se encontram em contato com os minerais no meio de alteração estão sendo sempre renovadas; e uma via goethítica, que aparece quando há deficiência de OH^- no meio, provocada pela lenta renovação das águas de drenagem.

Relacionando estes dados, pode-se distinguir no Brasil 3 grandes tipos de coberturas pedológicas:

- Cobertura ferralítica, caracterizada pelo desenvolvimento da paragênese caolinita-gibbsita-hidróxidos de ferro, com a gibbsita ocorrendo em maior ou menor quantidade. Baseando-se na composição química dos edifícios de neoformação, esta cobertura apresenta Ki inferior a 2. De acordo com a natureza dos hidróxidos de ferro individualizados pode-se distinguir coberturas ferralíticas hematíticas e coberturas ferralíticas goethíticas.
- Cobertura sialítica mista, caracterizada pela existência de uma fração argilosa que apresenta um grau de alteração incompleto. O argilo-mineral característico do tipo de alteração é a caolinita, porém, como ela se encontra misturada, a única maneira de determinar esta cobertura é associar um Ki superior a 2, com ausência de argilo-mineral 2/1 do tipo esmectita.
- Cobertura sialférica, caracterizada pela presença de esmectitas (ferríferas, aluminosas ou alumínio-ferríferas) que podem ocorrer como única fase presente ou em mistura com vermiculitas e ou illitas.

Por simples comodidade a representação cartográfica da natureza cristalóquímica das coberturas pedológicas do Brasil será feita considerando isoladamente o sistema Si-Al (coberturas ferralíticas, sialítica mista e bissialítica) e o Sistema Si-Fe (coberturas ferralíticas hematíticas, ferralíticas goethíticas e bissialféricas).

b)- Caracterização físico-química

O melhor modo de caracterizar as propriedades físico-químicas da interfase das partículas argilosas é a utilização da noção de taxa de saturação.

Se T é a capacidade de troca da argila e S a soma dos cátions básicos trocáveis (Ca, Mg, Na e K) realmente presentes na superfície das partículas argilosas, a taxa de saturação V se escreve $V = S/T \times 100$. Quando todas as cargas externas estão compensadas $S = T$; neste caso, o meio é dito saturado. Ao contrário quando $V < 100\%$, isto é, S infe-

rior a T, o meio é dessaturado. Como as partículas argilosas devem permanecer neutras, a compensação das cargas superficiais, é feita por outros íons diferentes dos íons básicos. Geralmente, são os prótons, provenientes da dissociação da água que realizam este papel.

Aumentando a dessaturação, isto é, elevando-se a concentração em íons H^+ nas interfaces, o pH do meio diminui. Enquanto o pH permanecer superior ao pK_A dos principais elementos (Si, Al, etc...) que constituem os edifícios das partículas de argila não ocorre. Porém, desde que o pH torna-se inferior ao pK_A do elemento menos ácido da estrutura da argila, como por exemplo, o alumínio (pK_A 5,0), este ioniza-se sob a forma de $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)^{2+}$ ou Al^{3+} , passando então, a participar da compensação das cargas não ocupada pelos íons básicos. Nos meios muito dessaturados, pode, portanto, haver aluminização das superfícies dos constituintes secundários aluminossilicatados. Tal aluminização traduz a instabilidade dos argilo-minerais. No caso dos edifícios 2/1, ela aparece, desde que a taxa de saturação torna-se inferior a 50% e provoca a formação de estruturas que contêm íons aluminicos em posição interfoliar ("intergrade" aluminosos). Ao contrário, nos edifícios 1/1 do tipo caolinita, a aluminização conduz à destruição lenta do mineral. Sendo esta argila mais estável que as precedentes, o fenômeno ocorre somente quando a taxa de saturação torna-se inferior a 40%.

A Tabela II recapitula as informações relativas às características físico-químicas das superfícies argilosas e os limites adotados para as coberturas pedológicas brasileiras.

B - Estabelecimento dos mapas pedogeoquímicos

Os critérios que permitem a caracterização geoquímica das coberturas pedológicas não podem, em seu aspecto global, ser diretamente extraídos dos mapas pedológicos, havendo sempre a necessidade de uma interpretação preliminar. Por vezes, mesmo após esta interpretação as informações obtidas são insuficientes, tornando-se indispensáveis certos estudos analíticos complementares.

As unidades cartográficas utilizadas na legenda do mapa dos solos da América do Sul, da FAO-UNESCO, por serem essencialmente operacionais, não foram definidas segundo um princípio diretor homogêneo. Desta forma, a intensidade dos fenômenos de alteração, que serve, por exemplo, para definir certas classes, não é levada em consideração na definição de outras. Entretanto, apesar destes problemas, foi possível realizar a interpretação geoquímica, evidentemente com certos estudos complementares, das principais unidades de solos e estabelecer os mapas pedogeoquímicos do Brasil.

Por outro lado, no mapa da FAO, aparecem várias unidades complexas, representam associações binárias ou ternárias. Com a finalidade de colocar em evidência os processos geoquímicos tivemos que realizar algumas simplificações. Por exemplo, todas as unidades binárias, nas quais um dos componentes é um litossolo, se comporta, do ponto de vista geoquímico, como uma unidade simples e pode ser assimilada ao outro componente. O caso das associações ternárias teve que ser resolvido individualmente, em função do meio pedológico predominante.

TABELA 2

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS COBERTURAS PEDOLÓGICAS ENCONTRADAS NO BRASIL

Estado de Saturação	Taxa de Saturação	Natureza dos cátions externos preponderantes	Tipos de Meio	Estabilidade dos constituintes argilosos
Complexo Saturado	90 - 100	Ca^{2+} - Na^{+}	Equilibrado	Edifícios Estáveis
Complexo dessaturado	35 - 80	Ca^{2+} - Na^{+} - H^{+}	Dessaturado	Edifícios relativamente estáveis
	35	Al^{3+} - H^{+}	Aluminizado	Edifícios muito estáveis

Por comodidade a caracterização cristaloquímica das coberturas pedológicas do Brasil foi feita considerando os sistemas Si-Al e Si-Fe^{III} separadamente, o que levou à apresentação de dois mapas; um, de repartição dos alumínio-silicatos e um outro de repartição dos compostos de ferro. Foram estabelecidos, ainda, mapas de distribuição dos principais tipos de meios físico-químicos e repartição dos mecanismos geoquímicos envolvidos na evolução das coberturas pedológicas.

a) - Mapa de repartição dos alumínio-silicatos

A diferenciação mineralógica das coberturas foi feita utilizando-se dois critérios: de um lado, o K_i e de outro, a presença ou ausência de esmectitas. Foram delimitadas as áreas com $K_i < 2$ e as recobertas por solos contendo esmectitas, ($K_i < 2$) as quais foram determinadas através de estudos pontuais pormenorizados e extrapolados para as mesmas unidades pedológicas. O restante da área foi considerado como correspondente à cobertura sialítica mista.

b) - Mapa de repartição dos compostos de ferro

Crêrios ligados à natureza cristaloquímica dos compostos de ferro não são utilizados na definição das unidades cartográficas. Assim, tornou-se necessário um estudo dos constituintes das principais unidades de solos. A cobertura sialfêrrica não foi subdividida segundo o tipo de esmectita, isto porque os dados analíticos disponíveis não são ainda suficientes para permitir distinções seguras; tal cobertura foi considerada globalmente, supondo-se ser ela equivalente à cobertura esmectítica. Para as demais áreas, desde que não houvesse nenhuma informação bibliográfica a respeito, as principais categorias de solos foram analisadas mineralogicamente com o objetivo de caracterizar o estado do ferro.

c) - Mapa de repartição dos tipos de meios pedológicos

Os dados relativos ao grau de saturação em bases do complexo absorvente, necessários ao estabelecimento deste mapa temático, foram obtidos, em sua maior parte, a partir da própria definição das unidades cartográficas utilizadas pela FAO-UNESCO. Os solonchaks e os solontchaks têm, por exemplo, um complexo saturado e fortemente sódico. Os vertissolos e os faeozens são também por natureza saturados. Ao contrário, os luvissois, os acrissois e os ferral solos são sempre dessaturados. Como limite de saturação entre os meios dessaturados e fortemente dessaturados e aluminizados foi escolhido o valor de 35%, que corresponde ao limite entre luvissois e acrissois. Foi suposto também que, no Brasil todas as sub-unidades dísticas e hêmicas, cuja saturação teórica é inferior a 50%, apresentam valores inferiores a 35% de saturação e que todos os ferral solos são fortemente dessaturados.

d) - Mapa de repartição dos principais mecanismos geoquímicos envolvidos na evolução das coberturas pedológicas

Este mapa foi estabelecido a partir da análise de um certo número de condições

que caracterizam o meio evolutivo, e em particular, as condições litológicas, termohídricas e físico-químicas (PEDRO, 1964 e 1966). Algumas unidades de solos, por si sô, já definem os mecanismos envolvidos. Assim, os solontchaks estão relacionados à salinólise; enquanto que os solonetz e outros solos solodizados são afetados pela alcalinólise. A acidólise se manifesta nos solos das zonas frias, de altitude, do Brasil meridional, tais como os ferralsolos húmicos e os cambissolos húmicos (rubrozem).

A hidrólise, fica desta forma associada à gênese de todas as demais unidades de solos cartografadas no Brasil.

III - APRESENTAÇÃO DAS CARTAS PEDOGEOQUÍMICAS

A - Repartição dos alumino-silicatos (Figura 1)

O domínio de extensão das diferentes coberturas pedológicas, caracterizadas por seus compostos alumino-silicatados secundários, se reparte da seguinte forma:

a) Cobertura Ferralítica ($K_i \leq 2$)

Corresponde aos ferralsolos, nitossolos e arenossolos ferralíticos do mapa da FAO-UNESCO e representam 65% da superfície do Brasil. Ocorrem desde o equador até praticamente a latitude de Porto Alegre. A gibbsita, via de regra, fortemente subordinada ou mesmo ausente, é sobretudo abundante na zona basáltica da Bacia do Paraná, onde seus teores ultrapassam 5 a 10%. Aparece também na região de Brasília, na parte sudoeste da Amazônia, e localmente na Serra do Mar e da Mantiqueira.

b) Cobertura esmectítica ($K_i > 2$)

As alterações montmoriloníticas ocorrem em 3 zonas distintas: no Nordeste, onde predomina um clima quente e relativamente árido (presença de luvissolos); no Pantanal Matogrossense, zona deprimida e hidromórfica, onde ocorrem planossolos; e a zona baixa do Brasil Meridional, Cuesta de Huedo onde, associados aos derrames basálticos e em região de clima sub-tropical com alternância de estação seca, dominam os vertissolos.

c) Cobertura sialítica mista ($K_i > 2$, sem esmectitas)

Corresponde ao desenvolvimento dos acrisolos formados a partir das rochas ácidas, que ocorrem no Brasil Central, no Centro Sul e no Sul do país.

B - Repartição dos Compostos de ferro (Figura 2)

A partir da caracterização dos compostos de ferro secundários foi possível diferenciar 3 grandes tipos de coberturas pedológicas, podendo, entretanto, cada uma delas apresentar sub-tipos.

a) Cobertura sialférica

Tal cobertura se superpõe ao domínio das alterações montmoriloníticas, ocorrendo portanto, no Nordeste, no Pantanal e no extremo Sul do país.

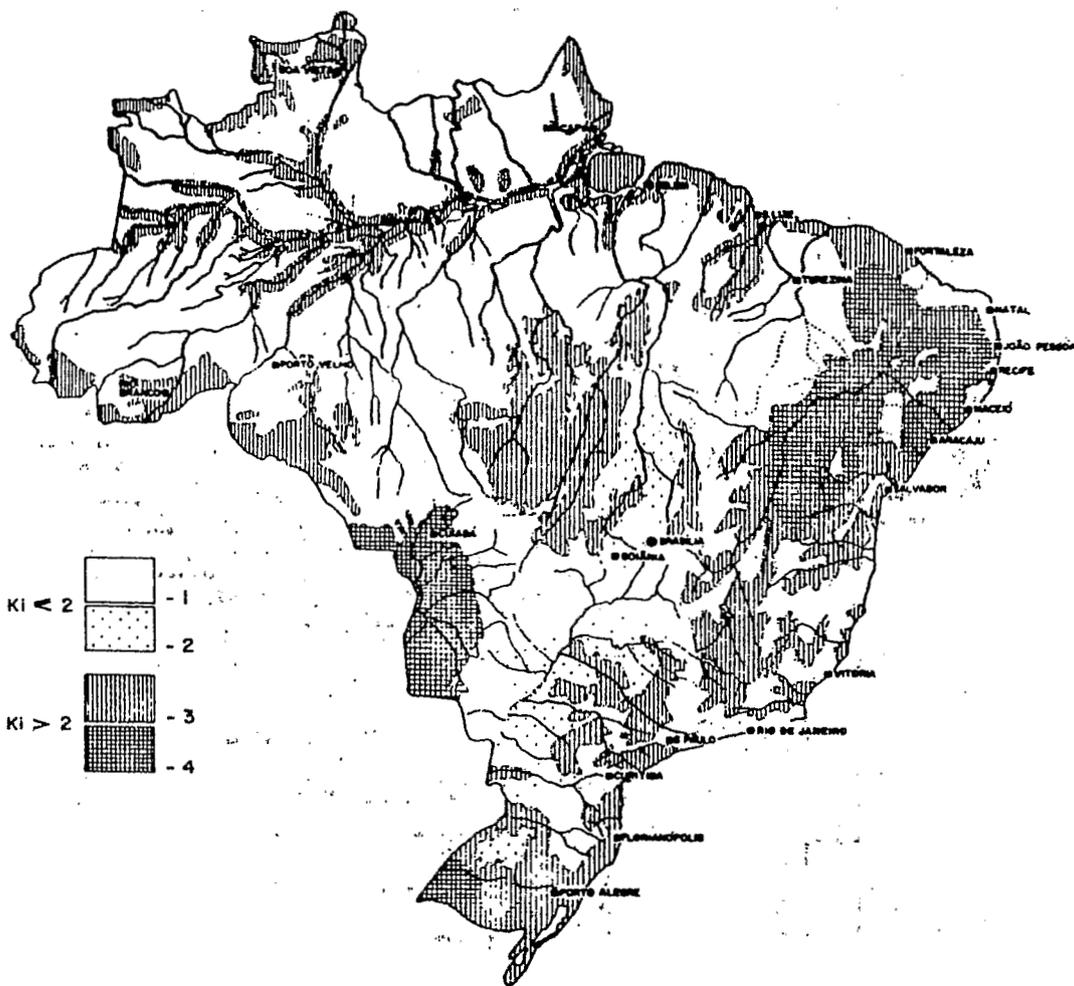


FIGURA 1 - Extensão das principais coberturas pedológicas, (1) - cobertura ferralítica sem gibbsita; (2) - cobertura de alteração ferralítica com gibbsita; (3) - cobertura de alteração sialítica mista e (4) cobertura de alteração montmorilonita.

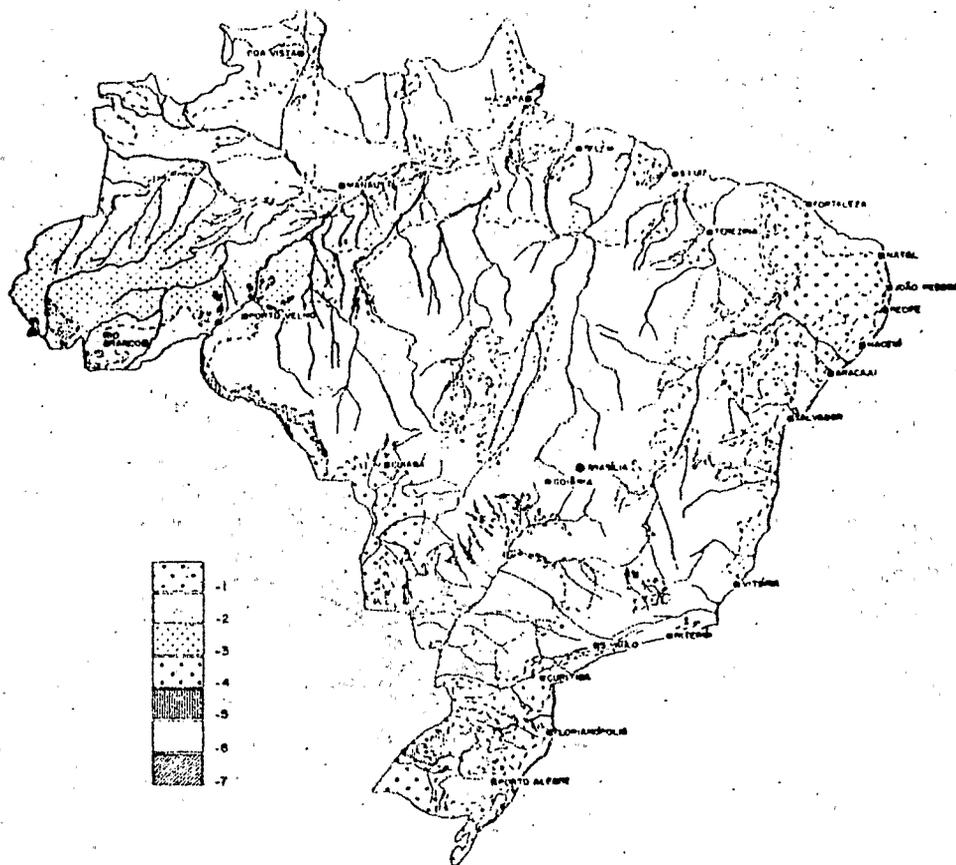


FIGURA 2 - Repartição dos diferentes tipos de compostos de ferro nas coberturas pedológicas, (1) - solos onde o ferro se acha integrado nos silicatos. 2/1; (2) - solos com goethita e hematita associadas; (3) - solos unicamente com goethita; (4) - solos com goethita somente nos horizontes superiores; (5) - solos unicamente com hematita; (6) solos com hematita e goethita associadas; (7) - solos mistos com associações de óxidos de ferro e silicatos 2/1 com ferro na estrutura.

b) Cobertura goethítica

Se distribui por todo o território brasileiro. Corresponde aos ferralsolos xânticos da Bacia Amazônica, da Bacia do Maranhão e dos Tabuleiros do litoral do Nordeste e Leste do país. Nestes solos, a goethita é o único óxido de ferro presente. Em outros casos, tais como, nos Acrissolos plânticos, da Amazônia e do Brasil Central, Cambissolos districos, Cambissolos húmicos e certos ferralsolos húmicos das zonas frias de altitude do Sul do país, a goethita aparece associada à hematita, permanecendo porém como o mineral principal desses solos.

c) Cobertura hematítica

É a cobertura de maior representação no Brasil. Corresponde aos ferralsolos (salvo os xânticos), à maior parte dos Acrissolos, Luvisolos fêrricos e Arenossolos. Geralmente a hematita encontra-se associada a pequenas proporções de Goethita e de Stilpnosiderita. Em certos solos, desenvolvidos a partir de rochas básicas, como por exemplo os ferralsolos sódicos e os nitossolos districos, a stilpnosiderita pode constituir-se no óxido de ferro mais importante, acompanhando a hematita.

C - Repartição dos Principais Tipos de Meios Físico-Químicos (Figura 3)

Os três meios físico-químicos definidos distribuem-se da seguinte forma:

a) Meio equilibrado

Corresponde aos solos que apresentam seu complexo absorvente saturado por íons básicos. Ocorrem em 4 regiões distintas, englobando os solonetz, solontchaks, planossolos e vertissolos (litoral, Nordeste, Pantanal e extremo Sul do país).

b) Meio dessaturado

Corresponde aos solos cujo grau de saturação se situa entre 35 e 80%, como por exemplo a maior parte dos Luvisolos do Nordeste e do Brasil central.

c) Meio fortemente dessaturado e aluminizado

Este meio representa mais de 3/4 do território brasileiro, e é marcado pela presença do alumínio trocável no complexo de troca. A aluminização pode ser importante e atingir valores superiores a 4 mē/100g (valor este, considerado limite pela Comissão Nacional de Solos, para definir os solos álicos). A gama de variação apresentada pelo Al trocável, permitiu delimitar os meios fortemente dessaturados em: fortemente aluminizados (> 4 mē/100g), medianamente aluminizados (1 < Al < 4 mē/100g) e fracamente aluminizados (0 < Al < 1 mē/100g). O primeiro corresponde grosso modo aos solos desenvolvidos nas zonas relativamente frias do Brasil meridional e aos solos da parte central do Planalto Brasileiro; o segundo corresponde aos ferralsolos órticos da Amazônia, Brasil Central e litoral Atlântico. Finalmente, o meio fortemente dessaturado e medianamente aluminizado engloba principalmente certos Acrissolos órticos, ferralsolos álicos, Arenossolos álicos e Cambissolos districos.

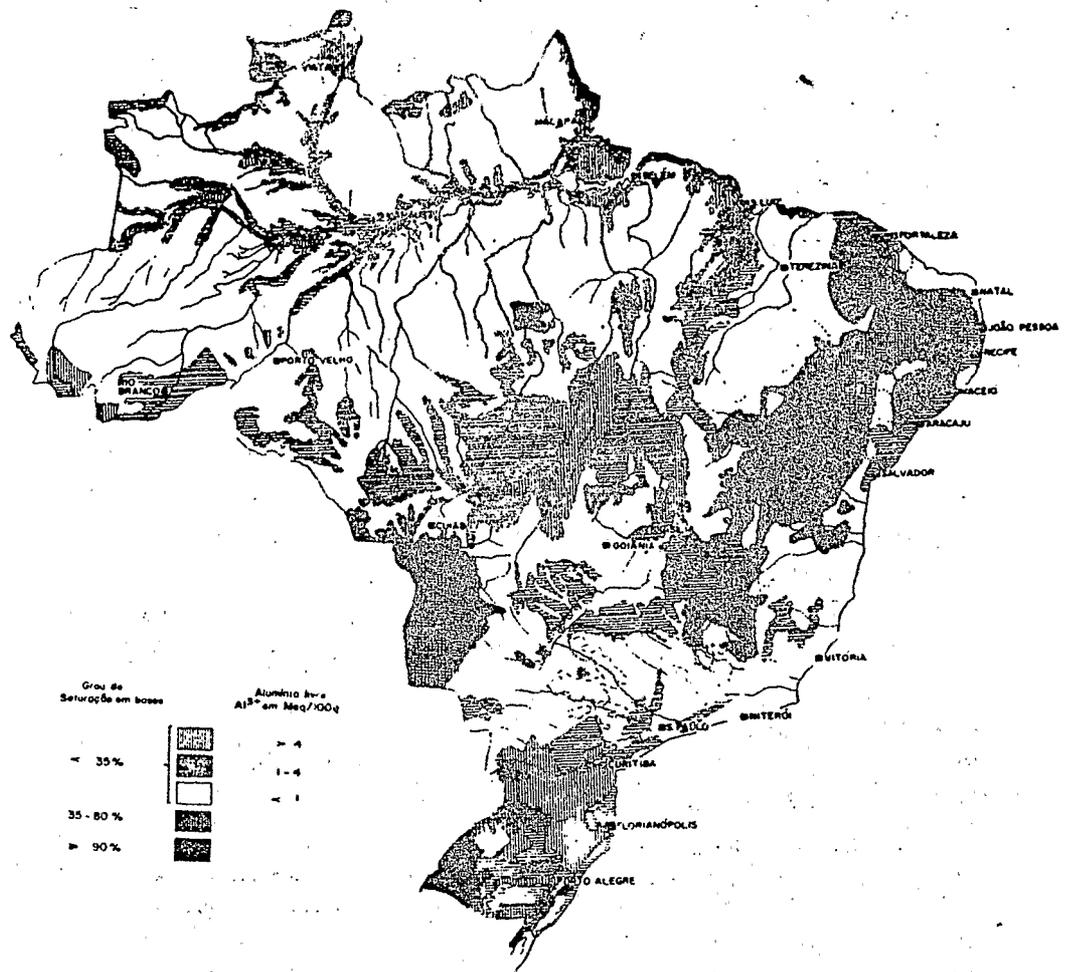


FIGURA 3 - Natureza físico-química do complexo absorvente das coberturas pedológicas do Brasil.

D - Repartição dos Mecanismos Geoquímicos (Figura 4)

Os mecanismos geoquímicos envolvidos na evolução das coberturas pedológicas apresentam a seguinte distribuição.

A salinólise afeta os únicos solos salinos representados no Brasil, ou seja os solonchaks, enquanto que a alcalinólise se desenvolve mais ou menos intensamente em duas unidades pedológicas: solonetz e planossolos solodizados. Ambos os mecanismos são pouco representados no Brasil (0,6% de seu território) e estão essencialmente ligados às regiões marinhas.

A acidólise é o mecanismo fundamental envolvido nos solos sulfatados ácidos (Fluvisolos Tiônicos) e nos solos onde a decomposição da camada vegetal conduz à produção de ácidos orgânicos mais ou menos complexantes. De acordo com os trabalhos de PEDRO, 1971 e MELFI & PEDRO, 1977, isto parece ser o caso dos cambissolos húmicos e dos ferralsolos húmicos. Este domínio, que concerne apenas a 2,3% do território brasileiro, parece ser subestimado, pois não engloba as zonas dos podzóis gigantes e das areias brancas da Bacia Amazônica (KLINGE, 1964 e SOMBREOK, 1966), que resultam de um ataque acidolítico sobre velhos solos ferralíticos (TURENNE, 1975).

A hidrólise é o mecanismo mais importante na gênese das coberturas pedológicas do Brasil, afetando mais de 97% de sua superfície. O domínio afetado por este mecanismo, face sua extensão, pode ser subdividido em 3 zonas principais: zonas hidromórficas, bem representadas no Pantanal Matogrossense, na Bacia Amazônica e nas porções do litoral sujeitas a submersão marinha temporária; zonas ortomórficas caracterizadas por uma hidrólise normal em meio confinado, associadas grosso modo a um domínio onde o índice de aridez é inferior a 20 (nordeste semi-árido do Brasil); e finalmente as zonas ortomórficas abundantemente lixiviadas, onde o índice de aridez é superior a 20. É o sub-domínio mais extenso, perfazendo quase 90% do território do País.

IV - CONCLUSÕES

Inicialmente é necessário salientar que os documentos cartográficos, apresentados no presente artigo, devem ser considerados simplesmente como "esboços" esquemáticos. Esta situação se acha ligada à escala escolhida para a representação, à escala do documento original, ao fato de que o inventário definitivo de solos do Brasil não está terminado e finalmente à opção adotada a propósito das associações de solos, que em certas regiões levou em conta somente a evolução geoquímica dominante.

Assim sendo, a precisão dos resultados relativos aos diferentes aspectos sucessivamente examinados está longe de ser perfeita. As indicações semi-quantitativas parecem suficientes para exprimir as grandes tendências da evolução geoquímica da superfície no conjunto do território brasileiro.

A consideração sintética dos diferentes documentos analisados faz ressaltar dois aspectos:

- 1 - As cartas apresentadas foram realizadas baseando-se nas características

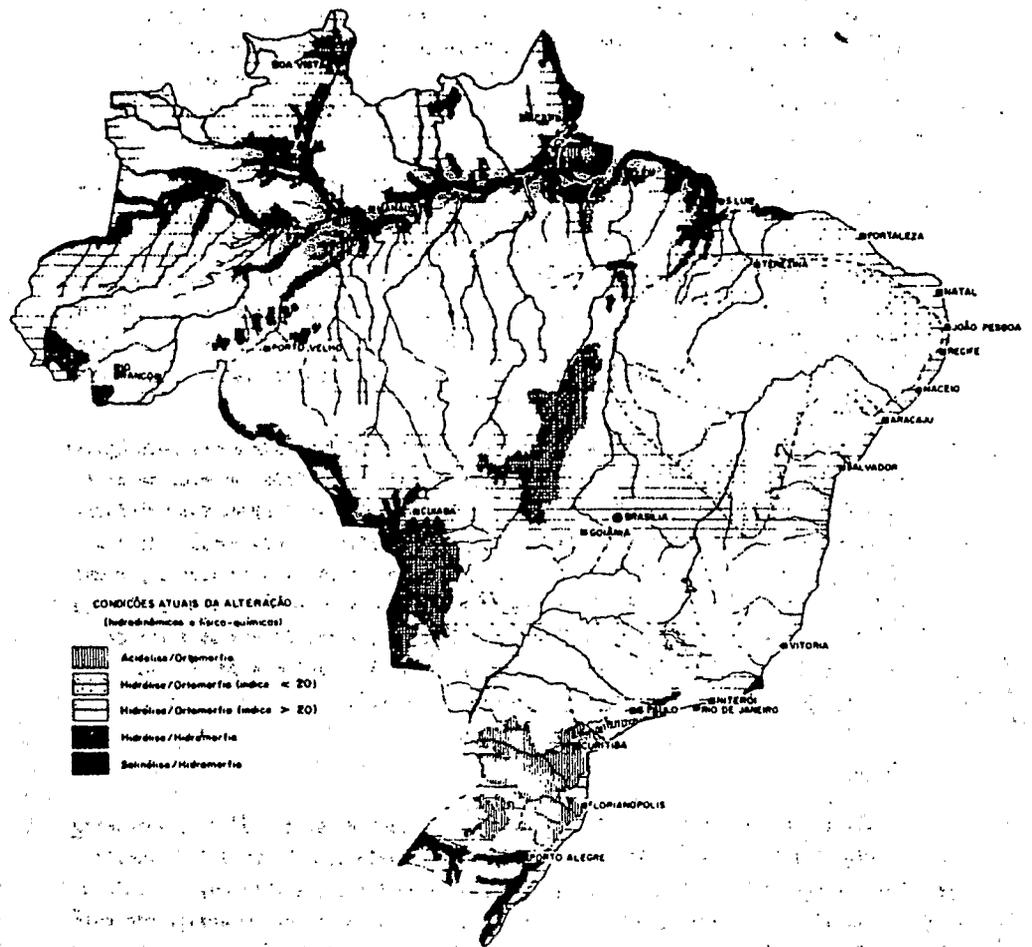


FIGURA 4- Repartição dos principais mecanismos envolvidos na formação das coberturas pedológicas.

das unidades de solos tipos, isto é dos solos que sofreram uma evolução natural (solos virgens) desde o início da pedogênese. Refletem portanto o ambiente geoquímico que caracteriza os horizontes superiores do perfil, sem fazer intervir considerações de ordem históricas (valorização da região, desenvolvimento agrícola intensivo, etc.). Desta forma, podemos utilizá-las para tentar previsões ao nível dos potenciais agronômicos e metalogenéticos dos solos e dos materiais de alteração superficial.

Neste aspecto, o fato mais marcante concerne à importância da hidrólise, que representa mais de 97% da superfície do País. Como, conhecemos o comportamento geoquímico dos elementos durante o processo hidrolítico, estamos desta forma, em condições de prever concentrações de certos elementos para a formação de jazidas metálicas de origem meteórica, empobrecimento generalizado dos solos em elementos nutrientes, notadamente Na e K (o que explica que cerca de 83% dos solos são ácidos e fortemente dessaturados), existência eventual de carências e subcarências e desenvolvimento de fenômenos de toxidez.

2 - Com respeito à repartição dos processos, aparece imediatamente, que a ferralitização constitui o fenômeno mais importante no Brasil (65%) e que se desenvolve, praticamente em todo seu território, desde o Equador até 30° de latitude Sul. A Gibbsita não aparece em todos os solos latossólicos; estando localizada principalmente entre 20° e 25° de latitude Sul, nos solos basálticos da Bacia do Paraná. O conceito de laterização ou latossolização pedológica é então mais amplo que aquele da alitização geoquímica.

É necessário assinalar por outro lado que, no Brasil a laterização superficial não corresponde sempre a um equilíbrio pedoclimático. Ela sofre atualmente uma evolução secundária, seja na zona de altitude do Brasil meridional, sob o efeito de uma acidólise ligada à existência de baixas temperaturas, seja na Bacia Amazônica, sob a influência de uma hidromorfia progressiva, relacionada mais ou menos a uma elevação do nível de água (podzóis gigantes).

A generalização dos ferralsolos não deve portanto esconder a existência de uma diversidade regional e mesmo de uma diferenciação latitudinal.

V - BIBLIOGRAFIA

- FAO-UNESCO - 1971 - Carte des sols de l'Amerique du Sud - França
GARRELS, R.M. - 1957 - Some free energy values for Geology relation - Am. Miner. 42, 780-791.
GEDROIZ, K.K. - 1928 - Der absorbierende Bodenkomplex - Dresde 1929.
HARRASOWITZ, H. - 1926 - Laterit Fortsch. Geol. Paleont. Berlin 4. 253-565.
HARRISON, J.B. - 1938 - The katamorphism of igneous rocks und humid tropical conditions - Imp. Bureau Soil Sc. Harpenden, 79 p.
JACKSON, M.L. - 1963 - Aluminium bonding in soils - a unifying principle in soil science - Soil Sc. Am. Proc. (27) - 1-10.
KLINGE, H. - 1965 - Podzol soils in the Amazon Basin - Journal of Soil Sc. 16, 95-103 p.

- MELFI, A.J. & PEDRO, G. - 1977 - Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. - Parte 2 - Considerações sobre os mecanismos geoquímicos envolvidos na alteração superficial e sua repartição no Brasil - Rev. Bras. Geoc., vol. 7, nº 4.
- MILLOT, G. - 1964 - Géologie des Argiles - Paris Masson Ed. 499 p.
- PEDRO, G. - 1964 - Contribution à l'étude expérimentale de l'altération géochimique des roches cristallines - Thèse Paris - Ann. Agron. 15, 85-191 - 243-333 e 339-456.
- PEDRO, G. - 1966 - Essai sur la caractérisation géochimique des différents processus zonaux résultant de l'altération superficielles - C.R. Ac. Sc. Paris, (262 D), 1828-1831.
- PEDRO, G. - 1971 - L'évolution des sols et la caractérisation des phénomènes d'altération superficielles dans la zone basaltique du Paraná (Brésil) - Rapport de Mission. 53 p.
- SOMBROECK, W.G. - 1966 - Amazon soils a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon Region - These Wageningen, 303 p.
- TARDY, Y. - 1969 - Géochimie des altérations - Étude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique - Mém. Serv. Géol. Als. Ler. Strasbourg 199 p.
- TURENNE, J.F. - 1975 - Modes d'humification et différentiation podzolique dans deux toposequences guyanaises - Thèse Univ. Nancy - 185 p.

DISCUSSÃO - DISCUSSION

- J.J. TRESCASES: Sur la carte des sols du Brésil (minéraux argileux) aucune zone gibbsite n'apparaît en Amazonie. Or, l'un des plus gros gisements de bauxites du monde est situé en Amazonie (Trombetas), et la bauxite est une Formation Superficielle.
- Encore une illustration des différences d'interprétation entre disciplines....
- A.J. MELFI: Surgem 3 problemas a esse respeito: em primeiro lugar, nosso estudo foi baseado na carta de solos da FAO, onde esta jazida não foi assinalada; em segundo lugar, a escala não é compatível com a ocorrência e finalmente o depósito se encontra recoberto por materiais caoliníticos.
- J.P. QUEIROZ NETO: Houve algum relacionamento das características cristalóquímicas e o relevo regional? O exemplo das partes mais altas do Planalto Riograndense, com relação ao estado do ferro (goethita-hematita) mostra o interesse de estabelecer esse relacionamento.
- A.J. MELFI: A única relação foi realmente verificada no Rio Grande do Sul.
- A escala do mapa não permitiu que fosse dada maior ênfase a este aspecto, apesar de ser nossa intenção verificar este relacionamento, a partir de estudos mais pormenorizados.

