

CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE ALGUNS SOLOS FERRALÍTICOS DO ESTADO DA BAHIA: APLICAÇÃO DE UM MÉTODO DE FRACIONAMENTO DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

BORIS VOLKOFF ⁽¹⁾ e MARIA JOSÉ DE ANDRADE ⁽²⁾

RESUMO

O método de fracionamento das substâncias húmicas de Dabin que permite a separação do material vegetal não humificado, a separação dos ácidos fúlvicos combinados e livres dos ácidos húmicos, e a determinação da fração orgânica não extratível, a humina, foi aplicado a 4 solos ferralíticos (latossolos) do Estado da Bahia, selecionados sob quatro tipos de vegetação, correspondendo a zonas representativas dos climas tropicais pouco chuvosos ou secos. A matéria orgânica foi estudada até o horizonte B₂ e a distribuição das diversas frações em função da profundidade de até dois metros pelo menos. Consta-se que para todos os solos a humificação é forte, que as matérias húmicas formadas são instáveis e que as frações pouco polimerizadas são bastante representativas; estas últimas frações migram a grande profundidade. Os processos de humificação como os produtos resultantes são pouco diferentes de uma área para outra. As variações notadas parecem, antes de tudo, quantitativas; a importância variável da matéria prima fornecida pela vegetação ao solo, segundo o tipo de vegetação, explica essas diferenças.

INTRODUÇÃO

Os solos ferralíticos (latossolos) são bastante representados no Estado da Bahia. Encontram-se estes solos em áreas de climas muito diferentes: clima do tipo equatorial, de forte pluviosidade sem estação seca, clima tropical com estações úmidas e seca bem marcadas, clima seco ou muito seco com pluviosidade fraca irregularmente repartida. Eles aparecem sob as formações vegetais características de cada área climática: floresta úmida; savana (campo) e savana arbórea (campo cerrado), floresta seca e caatinga. Existem assim no Estado da Bahia associações solo ferralítico/vegetação bem distintas. Cada associação é definida por um tipo de vegetação clímax em equilíbrio com um solo cujas características, algumas pelo menos, são dadas pela vegetação; a morfologia dos horizontes superficiais e os tipos de húmus dependem, com efeito, do tipo de vegetação.

O aproveitamento dos solos ferralíticos do Estado da Bahia necessita um melhor conhecimento destes solos, particularmente da sua evolução superficial através da atuação dos constituintes húmicos estes últimos sen-

do uma imagem da ação dos fatores ecológicos.

A matéria orgânica do solo pode ser caracterizada, de um modo geral, pelo teor em carbono orgânico do solo e pela relação C/N que revela o seu grau de evolução. Também, as diversas substâncias orgânicas neoformadas a partir das matérias vegetais podem ser extraídas e as proporções relativas de cada uma delas podem ser avaliadas. Este modo de caracterização da matéria orgânica do solo baseado na extração e a avaliação dos compostos húmicos é hoje muito empregado. Trata-se de uma maneira geral, de separar a fração não humificada, fração chamada "matéria orgânica leve", da fração humificada, de extrair em seguida os ácidos fúlvicos e os ácidos húmicos e dosar enfim a fração humina que corresponde à matéria orgânica humificada dificilmente extraível.

As diversas frações são definidas da maneira seguinte (Duchaufour, 1970):

- os ácidos fúlvicos resultam da transformação mais ou menos rápida, ao contacto da fase mineral, dos "precursores solúveis" originados pelos detritos vegetais (serapilheira); tratam-se, seja de ácidos fenólicos e ácidos alifáticos, seja de polímeros fenólicos mais ou menos coloridos, seja de cadeias de sacarídeos, de uronídeos, de polipeptídeos. Estes elementos organizam-se e polimerizam-se mais ou menos rapidamente no solo segundo as condições ecológicas locais e a atividade biológica global.
- os ácidos húmicos são substâncias polimerizadas: alguns desses ácidos, como os ácidos húmicos marrons, resultam seja de uma polimerização rápida de compostos hidrosolúveis seja de uma fragmentação progressiva das moléculas de lignina, não sendo muito diferentes dos ácidos fúlvicos; outros são constituídos de moléculas de grande tamanho, são os ácidos húmicos cinzas, intimamente ligados às argilas.
- a humina é um conjunto complexo, dificilmente extratível, constituído de diversas formas muito diferentes: formas provenientes da evolução direta de certos compostos vegetais sem passar por uma fase solúvel, formas provenientes de uma insolubilização muito rápida de certos compostos solúveis, formas provenientes de uma "superevolução" dos ácidos húmicos por maturação lenta em clima de estações contrastadas.

(1) Pedólogo, ORSTOM (França), Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Departamento de Geoquímica, Salvador, Bahia.

(2) Bolsista do CNPq. Endereço atual: Projeto RADAM, Belém, Pará.

O. R. S. T. O. M.

Neste trabalho foi empregada a técnica de Dabin (1971): a matéria orgânica leve é separada pelo ácido fosfórico 2M, os ácidos fúlvicos e húmicos são extraídos pelo pirofosfato de sódio e a soda; a fração insolúvel, ou humina, é obtida dosando o carbono total do resíduo.

OS SOLOS ESTUDADOS

Localização dos perfis

Tratam-se de quatro solos ferralíticos (latossolos) de 3 áreas diferentes do Estado da Bahia (Fig. 1).

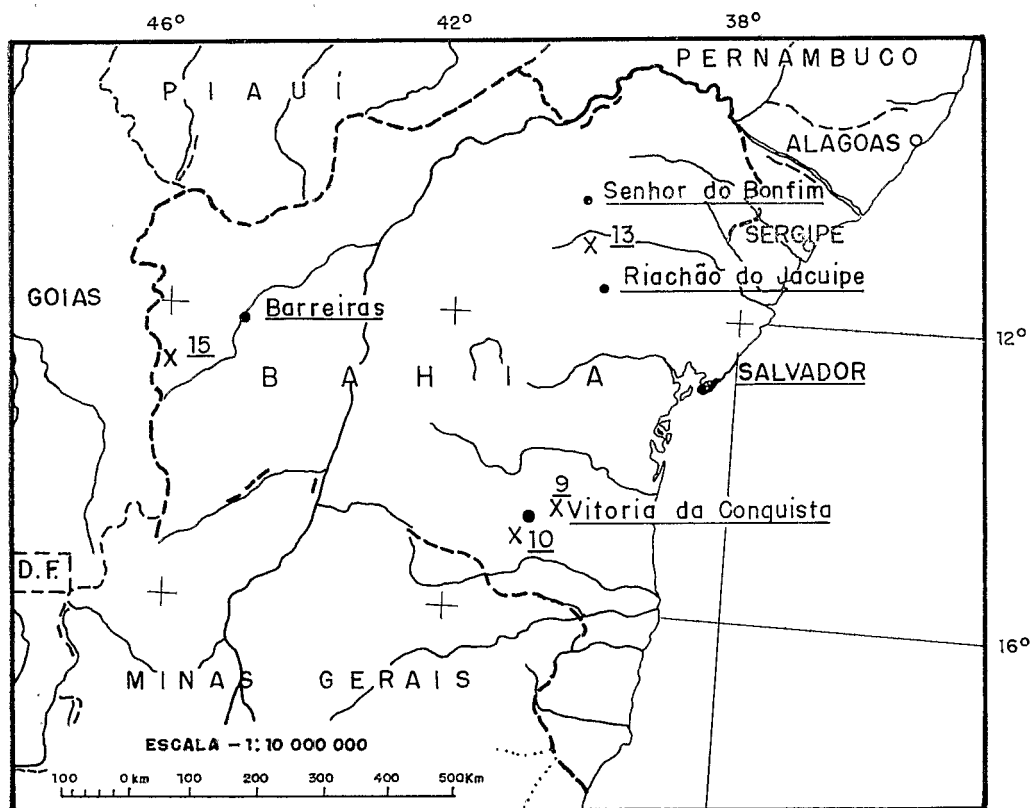


Fig. 1 — Localização dos perfis estudados.

O perfil n.º 15 é representativo dos solos do extenso planalto ocidental da Bahia, formado por arenitos. A altitude média é de 800 m e a vegetação é um campo limpo. O clima da região é caracterizado pela existência de duas estações nítidas, uma seca e outra chuvosa (Quadro 1), e a temperatura média anual é de 24°C.

O perfil n.º 13 está localizado perto da cidade de Senhor do Bonfim, numa área do embasamento granito-gnáissico. Nesta área os solos ferralíticos se encontram em pequenas extensões correspondendo a vestígios de um recobrimento argilo-arenoso terciário. A altitude é da ordem de 400 m e a vegetação é do tipo caatinga hiperxerófila. A temperatura média anual é de 23°; a pluviosidade é fraca (500-600 mm por ano), sem que haja uma regularidade na ocorrência da estação chuvosa.

O perfil n.º 10 é representativo dos solos do planalto de Vitória da Conquista. Este planalto é uma superfície suavemente ondulada de 900 m de altitude recoberta de um espesso capeamento de material móvel argilo-arenoso. O volume das precipitações é de 625 mm por ano em Vitória da Conquista, enquanto a temperatura média anual é de 21,5°C. A vegetação dominante é do tipo floresta caducifólia (mata de cipó). A encosta ocidental do planalto parece mais úmida. Esta modificação das condições climáticas parece ligada à frequência das neblinas sem aumento notável da pluviosidade que reflete na vegetação a qual muda de aspecto; as espécies caducifolias tornam-se muito menos numerosas e o solo associado é muito húmido.

Características gerais dos perfis

Os perfis selecionados apresentam um certo número de características gerais comuns à maioria dos solos ferralíticos do Estado da Bahia. São solos muito profundos, sem elementos de grosso calibre, nem concreções ferruginosas; a espessura do solo, em situação plana, atinge e ultrapassa 5 metros. A uma profundidade de 4-6 metros nota-se geralmente uma discontinuidade morfológica ondulada. Esta discontinuidade aparece nitidamente nos cortes nas encostas do planalto por apresentar linha de cascalho.

O "solum" comporta esquematicamente 3 horizontes:

— um horizonte A mais ou menos orgânico. A sua espessura pode ser de alguns centímetros ou atingir 1 metro. O horizonte é sempre empobrecido em argila. Ele geralmente pode ser dividido em 3 sub-horizontes: A₁₁, bem estruturado, A₁₂ menos estruturado e A₃.

— um horizonte B₁ cuja importância é variável: podendo ter algumas dezenas de centímetros a 1 metro. A cor é amarelada, pálida e a estrutura é muito fraca e muito mal definida.

— um horizonte B₂, o horizonte o mais desenvolvido do perfil, amarelo-avermelhado, geralmente amarelo, de estrutura continua mas apresentando uma muito boa friabilidade e uma boa porosidade.

O quadro 2 indica as principais características analíticas dos horizontes A, B₁ e B₂ dos perfis escolhidos. Do ponto de vista mineralógico os solos são constituídos de quartzo, o constituinte essencial da fração arenosa, de caulinita e de hidróxidos de ferro e de alumínio, goetita e gibbsita. No perfil n.º 13 foram encontrados traços de illita.

Estes dados mostram que os solos apresentam todas as características dos solos ferralíticos fortemente desaturados. O horizonte B₂ é tipicamente óxico ou latossólico.

QUADRO 1 — Precipitações médias mensais e médias anuais.

Estação	J	J'	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Med.
I	144,3	145,6	130,4	77,2	17,1	0,6	1,0	1,9	22,0	82,1	174,9	198,0	1011,7
II	78,1	67,5	66,6	45,4	15,8	23,6	18,9	14,9	15,6	37,5	123,7	111,2	625,7
III	49,3	52,4	53,0	48,9	48,8	40,9	49,7	31,6	21,1	25,3	59,5	65,0	545,3
IV	69,2	79,2	96,2	97,2	81,0	64,5	65,5	42,7	25,2	32,9	72,0	85,4	811,4

I Estação de Barreiras: lat. 12-09 long. 44-59 alt. 435 (período: 1920-67)

II Estação de Vitória da Conquista: lat. 11-51 long. 40-50 alt. 928 (período: 1935-67)

III Estação de Riachão de Jacuipe: lat. 11-48 long. 39-22 alt. 217 (período: 1950-67)

IV Estação de Senhor de Bonfim: lat. 10-27 long. 40-11 alt. 544 (período: 1912-67)

QUADRO 2 — Características analíticas sumárias dos perfis.

Perfil	Horiz.	Profund. Amostra cm	Argila %	pH		MO %	S mé.	Al+++ para	T 100 g	V x 100	Fe ₂ O ₃ livre %
				H ₂ O	KCl						
n.º 15	A ₁₁	0- 10	26,0	4,9	4,1	1,6	0,50	0,39	3,92	13	4,7
	B ₁	40- 50	30,3	4,4	4,7	0,8	0,28	0,19	2,91	10	3,9
	B ₂	190-200	36,0	4,9	5,6	0,3	0,30	—	0,59	51	5,7
n.º 13	A ₁₁	5- 15	14,4	4,4	3,7	1,7	0,75	0,83	5,31	14	0,7
	B ₁	100-110	22,6	4,4	3,9	0,5	0,23	0,83	1,79	10	1,3
	B ₂	240-250	32,1	4,1	3,7	0,3	0,71	0,66	2,15	33	1,7
n.º 10	A ₁₁	5- 13	32,6	4,6	3,7	3,0	0,75	1,41	9,61	8	3,6
	B ₁	65- 75	49,5	4,6	3,9	1,0	0,19	1,22	6,03	3	5,8
	B ₂	205-215	52,9	4,5	3,7	0,5	0,19	0,86	3,99	5	5,7
n.º 9	A ₁₁	2- 20	40,2	4,5	3,7	8,1	1,14	3,52	18,86	6	2,2
	B ₁	140-150	50,3	4,8	4,1	0,7	0,25	0,73	4,24	6	3,3
	B ₂	200-210	68,8	5,6	4,7	0,4	0,45	0,06	1,24	36	3,8

Classificação

Utilizando, a classificação francesa dos solos (Aubert e Segalen, 1966), a legenda dos solos adaptada para o mapa dos solos do mundo (FAO/UNESCO, 1973) e a classificação da Equipe de Pedologia do Ministério da Agricultura do Brasil (Brasil — D.P.P., 1973):

Perfil n.º 15: solo ferralítico fortemente saturado em B, empobrecido, modal; Acríc (ou Orthíc) Ferralsol; Latossolo Vermelho Amarelo fase Cerrado;

Perfil n.º 13: solo ferralítico fortemente saturado em B, empobrecido, amarelo Xantic Ferralsol; Latossolo Vermelho Amarelo distrófico fase Caatinga;

Perfil n.º 10: solo ferralítico fortemente saturado em B, empobrecido, amarelo Xantic Ferralsol; Latossolo Vermelho Amarelo distrófico fase Floresta caducifolia ou Latossolo Vermelho Amarelo distrófico podzólico;

Perfil n.º 9: solo ferralítico fortemente saturado em B, humífero, modal Humic Ferralsol; Latossolo Vermelho Amarelo único distrófico fase Floresta sub-caducifolia.

MÉTODO DE FRACIONAMENTO DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

A separação da matéria orgânica leve (ML) das frações humificadas é geralmente feita por densimetria. Dabin (1971) usa para esta separação o ácido fosfórico 2M cuja densidade é superior a 1. O ácido fosfórico solubiliza uma parte dos ácidos fúlvicos, os ácidos fúlvicos livres, designados neste trabalho por AFac. O restante dos ácidos fúlvicos, os ácidos fúlvicos ligados (AFal) e os ácidos húmicos AH são extraídos numa segunda etapa pelo pirofosfato de sódio 0,1 M, esta extração sendo completada por uma outra extração com NaOH 0,1 N.

Os diversos extratos húmicos, a matéria orgânica leve e o resíduo não extratível, a humina (H), são dosados por oxidação com a mistura sulfo-crômica (Método Anne) e definidos pelo teor em carbono. O carbono total foi sempre dosado numa amostra separada. O teor carbono total é razoavelmente próximo da soma dos teores em carbono de cada fração.

RESULTADOS

Na figura 2 os gráficos indicam a repartição dos teores em carbono de cada fração da matéria orgânica nos perfis. Na figura 3 os gráficos indicam as variações das proporções relativas de cada fração em fun-

ção da profundidade. Nestes últimos gráficos foram utilizados valores em porcentagem somente do carbono das frações húmicas dosadas, isto é, AFac + AFal + AH + H; devidos às quantidades muito pequenas de ML encontradas.

1 — Distribuição do carbono total

O teor em carbono total varia muito de um perfil para outro. Por exemplo, o teor em matéria orgânica total a 10 cm de profundidade é de 8% no perfil mais rico e de 1% no perfil mais pobre. Observa-se uma queda brutal do carbono total nos primeiros centímetros superficiais do perfil, e depois um decréscimo mais lento até à base dos horizontes A. Os teores em carbono total são fracos mas não negligenciáveis nos horizontes B₁; eles são muito fracos mais não nulos (1 a 3% de C) nos horizontes B₂.

2 — A matéria orgânica leve

A quantidade de matéria orgânica leve é muito pequena. Esta matéria leve se encontra somente nas camadas mais superficiais do solo, os primeiros centímetros. Quando ela existe, ela representa no máximo 1 a 2% do carbono total. O perfil n.º 9 é o único perfil com mais de 5% do carbono sob forma de matéria orgânica leve, esta porcentagem foi achada nos dois primeiros centímetros do perfil num horizonte muito fino que tem características de um A₀A₁.

3 — Os ácidos fúlvicos

O carbono dos ácidos fúlvicos representa de 30 a 50% do carbono orgânico total do solo.

De um modo geral esta proporção aumenta com a profundidade. São os ácidos fúlvicos livres que apresentam as variações as mais características com a profundidade. Em valor absoluto o teor em ácidos fúlvicos livres pode aumentar até um máximo a uma fração de profundidade e depois diminuir como nos perfis 10, 13 e 15. Em proporção a taxa de ácidos fúlvicos livres sofre variações nítidas, seja aumento progressivo até à base do perfil, seja aumento até um máximo bem marcado no horizonte B₁. A relação ácidos fúlvicos livres/ácidos fúlvicos totais cresce de 50%, valores obtidos em superfície, a 80% em grande profundidade nas partes mais pobres em húmus do solo. Isto mostra que os ácidos fúlvicos ligados diminuem rapidamente e que eles são sobretudo representados no horizonte A₁₁.

4 — Os ácidos húmicos

O carbono dos ácidos húmicos representa uma proporção variável do carbono orgânico total do solo. Os ácidos húmicos se encontram sobretudo nas camadas mais

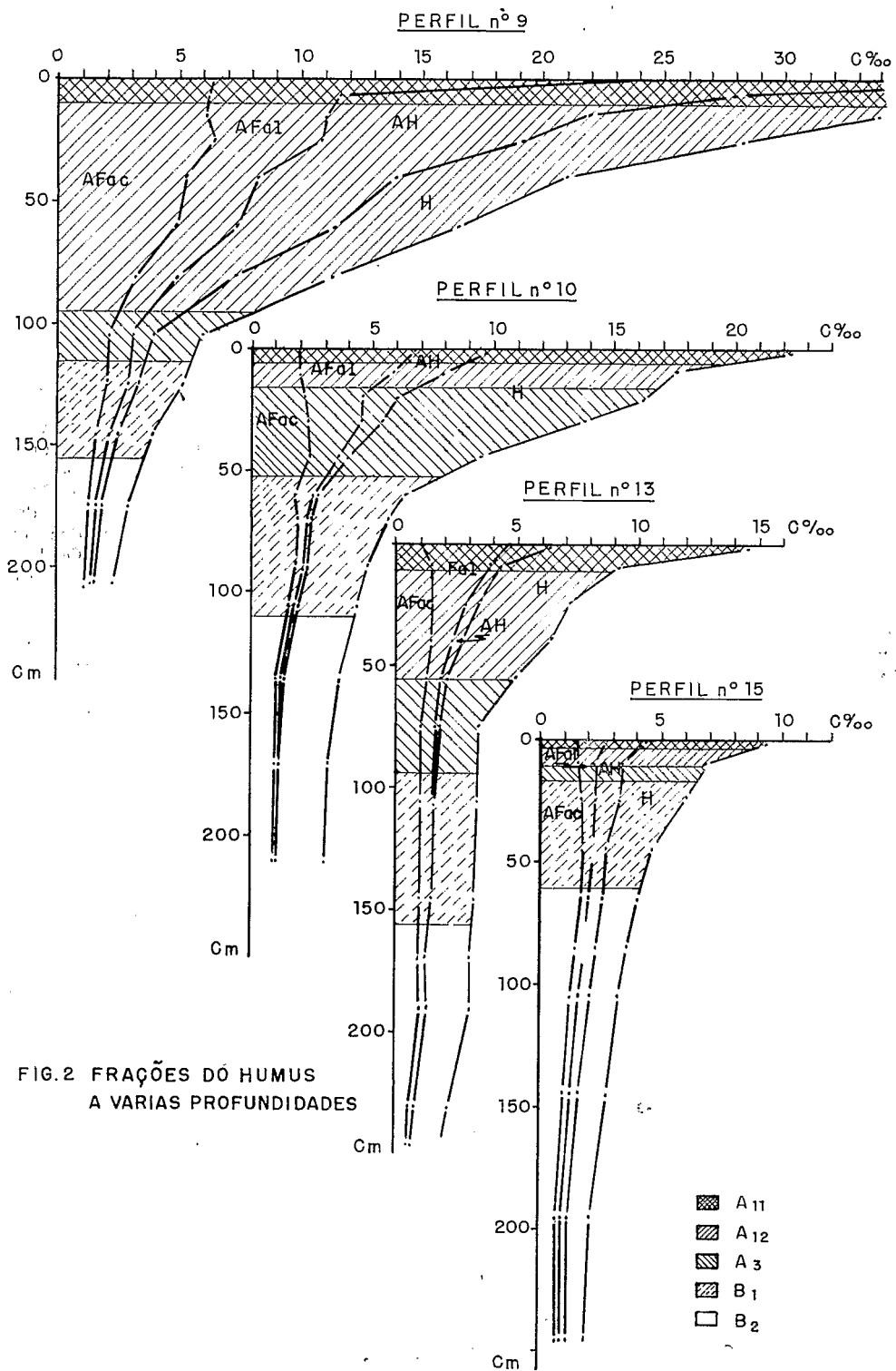


FIG.2 FRAÇÕES DO HUMUS
A VARIAS PROFUNDIDADES

superficiais do solo, sendo quase inexistentes em profundidade. No perfil n.º 15 só esta fração, pouco representada, fica sensivelmente constante, a todas as profundidades. A proporção dos ácidos fúlvicos é sempre menor do que a dos ácidos húmicos. A relação ácidos fúlvicos totais/ácidos húmicos aumenta sempre nitidamente com a profundidade; no caso dos perfis n.º 10 e 13 a relação atinge valores de 20 no horizonte B₁.

5 — A humina

40 a 60% do carbono total do solo é carbono da humina: 40% em média nos perfis n.º 15 e 9, 60% nos perfis n.º 10 e 13. A proporção de humina varia com a profundidade, as variações são, entretanto, dificilmente interpretáveis. De um modo geral, parece existir, em proporções, um mínimo da humina ao nível do horizonte B₁ (o mais rico em ácidos fúlvicos livres) e em certos casos no horizonte A₁₂. As proporções máximas de humina encontram-se assim perto da superfície, nos primeiros centímetros do solo e em grande profundidade.

Do ponto de vista da qualidade da matéria orgânica os solos estudados são caracterizados por:

- ausência quase geral da matéria orgânica leve;
- uma alta proporção de ácidos fúlvicos em todas as partes do perfil, particularmente abaixo do horizonte A₁₁. Nota-se uma acumulação absoluta e principalmente relativa dos ácidos fúlvicos livres em profundidade;
- pequenas quantidades de ácidos húmicos que se encontram em geral e predominantemente nos horizontes superficiais;
- um teor em humina relativamente pouco elevada e, em certos casos, fraco.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que nos horizontes mais superficiais dos solos ferralíticos estudados as quantidades de "matéria orgânica leve" são fracas. Isto é a consequência de uma decomposição muito rápida dos detritos vegetais. A mineralização da matéria orgânica fresca é pois rápida, consequência do tipo de clima e do tipo de vegetação. O exame da qualidade da matéria indica que o húmus é proveniente em sua quase totalidade da reorganização e da insolubilização de compostos tendo passado por uma fase solúvel. A taxa de extração é elevada, a humificação é pois forte mas ela conduz à formação de produtos pouco polimerizados como indica a relação ácidos fúlvicos/ácidos húmicos muito elevada. A repartição da matéria orgânica dentro do perfil indica que os compostos húmicos pouco polimerizados mineralizam-se lentamente e migram. Certas frações migram a grande profundidade.

Assistimos logo a uma liberação massiva de compostos orgânicos solúveis que se mineralizam lentamente e migram através do perfil. O húmus resulta da precipitação e da polimerização incompleta dos compostos solúveis. A biodegradação deste húmus é limitada. Os produtos neoformados estão em parte protegidos a degradação microbiana pelos estabilizadores minerais tais como argilas, o ferro e o alumínio dos horizontes superficiais do solo; em profundidade eles são pouco degradados porque a atividade biológica aí se torna muito fraca. Isto explica as acumulações da matéria orgânica, às vezes, observadas numa grande espessura do perfil.

Os horizontes A₁₁ dos solos resultam pois, em parte da incorporação dentro do solo da matéria orgânica transformada pela ação biológica, pela atividade dos animais (vermes, térmitas, formigas, etc...), em parte da acumulação dos produtos solúveis originada pela serrapilheira no decorrer de sua decomposição. Os horizontes A₁₂ são tipicamente horizontes de impregnação de húmus. O húmus neste horizonte resulta da precipitação e da polimerização dos produtos acumulados após a migração. Os horizontes B₁ são impregnados por produtos que migram mais profundamente. Nestes horizontes a polimerização é muito fraca; os ácidos fúlvicos livres se encontram em abundância.

Em todos os perfis as matérias húmicas migram profundamente; as diferenças notadas de um perfil para outro se referem sobretudo à quantidade total de húmus no perfil. É a quantidade de matéria prima vegetal produzida pela vegetação que condiciona a quantidade de produtos solúveis liberados e consequentemente a quantidade de húmus formado. Podemos admitir que a produção de matéria vegetal aumenta da savana à floresta semi-caducifolia; a caatinga e a floresta caducifolia tendo produções intermediárias. A acumulação de matéria orgânica nos perfis cresce segundo esta progressão. Nos solos sob forte vegetação, o teor relativamente fraco em humina corresponde, em superfície, a uma acumulação transitória de ácidos húmicos os quais parecem despolimerizar-se muito rapidamente em profundidade enquanto os ácidos fúlvicos proporcionalmente aumentam. Este equilíbrio de despolimerização entre ácidos húmicos e ácidos fúlvicos é o índice de uma instabilidade das matérias húmicas. No solo n.º 15, sob savana, o equilíbrio de despolimerização se faz ao contrário entre os ácidos fúlvicos e a humina, os ácidos húmicos sendo relativamente estáveis. Isto corresponde aquilo que se observa freqüentemente nos solos homólogos da África tropical.

Deste trabalho sobre as características do húmus de alguns solos ferralíticos do Estado da Bahia, é possível tirar um certo número de conclusões a respeito das consequências dos processos de humificação sobre o desenvolvimento dos perfis. A forte hu-

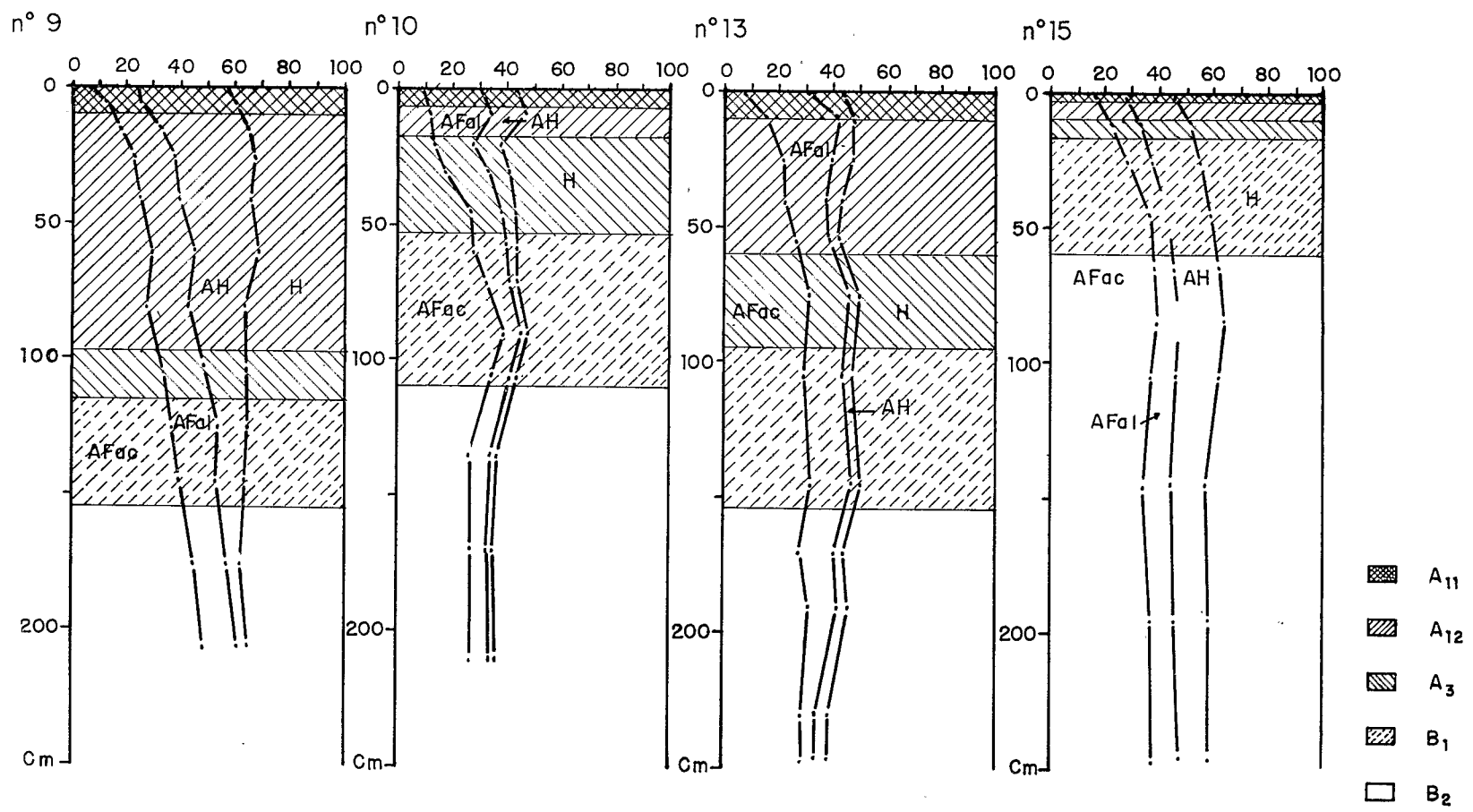


FIG. 3 PROPORÇÕES RELATIVAS DAS FRAÇÕES DO HUMUS

mificação, a instabilidade das matérias húmicas formadas, a abundância e a permanência das frações de pequeno peso molecular, as migrações importantes destas indicam que nestes solos a matéria orgânica desempenha um papel importante na mobilização dos elementos minerais. Um dos efeitos, o mais facilmente perceptível na atuação da matéria orgânica, é a lixiviação e o empobrecimento em argila dos horizontes superficiais dos perfis, conseqüência, em parte da ação de degradação da estrutura do solo. As substâncias orgânicas as mais solúveis migram até o horizonte B₁ e a sua acumulação neste nível pode explicar a aparição de caracteres estruturais particulares como a consistência mais forte, ligada à desorganização do arranjo grumoso fino dos horizontes B₂ (Fauck, 1973).

SUMMARY

Characterization of the organic matter of some ferrallitic soils of Bahia

The method of fractionation of humic substances of DABIN (which enables us to separate vegetal not humified matter, to extract free and bonded fulvic acids and humic acids, and to determine the unextractable organic fraction: humin) is applied to 4 ferrallitic soils (latosols) from the State of Bahia, sampled under 4 types of vegetation corresponding to zones of tropical moderately rainy or dry climates. The organic matter is studied to the B₂ horizon, and diagrams of distribution of the various fractions in relation to depth are described up to 2 me-

ters deep. One observes, in all the soils, the very strong humification, the instability of humic matter, the presence of many slightly polymerised fractions and migration deep in the soil profiles. The humification process and the resulting products do not differ very much from one zone to another. The major part of observed variations seem to be quantitative variations; they are tied to the variable amount of elements supplied by the vegetation in relation to the types of vegetation.

LITERATURA CITADA

- Aubert, G.; Segalen, (p.). 1966. Projet de classification des sols ferrallitiques. Cah. Orstom, sér. Pedol., IV, 4:97-112.
- Brasil, Divisão de Pesquisa Pedológica. 1973. Estudo expedito de solos nas partes Central e Sul do Estado da Bahia para fins de classificação, correlação e legenda preliminar (Janeiro de 1973). Bol. Técn., 29. Recife, 110 p.
- Dabin, B. 1971. Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. Science du Sol, 1:47-63.
- Duchaufour, P. 1970. Humification et Ecologie. Cah. ORSTOM, sér. Pédo., VII, 4:379-390.
- FAO/UNESCO. 1971. Mapa mundial de suelos. Volume IV America del Sur. UNESCO — Paris. 193 p.
- Fauck, R. 1973. Contribution à l'étude des sols des régions tropicales: les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique Occidentale. Mém. ORSTOM, n.º 61, Paris, 259 p.
- MINTER SUDENE (sem data). Dados pluviométricos mensais "in natura". Vol. II MINTER SUDENE, Recife.