

SÓLOS, TIPOS DE VEGETAÇÃO E ÁGUAS NA AMAZÔNIA

HARALD SIOLI e HANS KLINGE

Até agora, na Amazônia brasileira, foram poucas as pesquisas pedológicas executadas e publicadas; além disso, elas geralmente dão poucos detalhes, e alguns trabalhos são de difícil acesso (MARBUT and MANIFOLD 1926, PAIVA NETO e outros 1951, VIEIRA e J. P. FILHO, sem data). O mapa pedológico mais recente da América do Sul (BRAMÃO e LEMOS 1960) deixa reconhecer, na Amazônia, latossolos, "Gleye" e lateritas de água freática. Porém, da mesma forma como a "Weltbodenkarte" (Mapa mundial dos solos) (em essência segundo W. Hollstein) (MAULL 1958), que assinala principalmente lateritas, falta nêle a indicação de podsoes, os quais, conforme experiência própria, são muito característicos de certos lugares. Também outros autores (GOUROU 1950, TEIXEIRA GUERRA 1955) referem-se exclusivamente a lateritas amazônicas. O conhecimento dos solos da Amazônia necessita, pois, e no interesse de tôdas as ciências naturais, de uma ampliação, indispensável inclusive para uma agricultura e uma silvicultura práticas, no intuito de evitar danos e perdas irreparáveis no caso de aproveitamento de trechos da enorme área amazônica. Tais danos e perdas poderão conduzir à devastação desta última reserva natural do globo, cujo carater de "organismo harmonioso" foi reconhecido pela primeira vez por BLUNTSCHLI (1921).

Trabalho do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Diretor: Dr. Djalma Batista (realizado em colaboração com o Hydrobiologische Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft, Ploen (Holstein), Alemanha.

Para fins de comparação, é de valor uma série de estudos pedológicos, em parte modernos e conclusivos, sobre a América Central e do Sul (DURR & KLINGE 1960, FREI 1958, KLINGE 1960 a-f, SCHAUFELBERGER 1954, VAGELER 1939/40 cf. GANSSEN 1957). Uma importância especial cabe, neste conjunto, a trabalhos feitos em Suriname (Guiana Holandesa, região vizinha à Amazônia (BAKKER 1951, 1954, 1957 *a* e *b*, BAKKER & HULLER 1957, SCHULTZ 1960) que confirmam em grande escala os resultados obtidos na Amazônia. Descreveram-se, pela primeira vez, de Borneo (RICHARDS 1936) associações de certas formas de solos e de corpos d'água, associações estas que mui provavelmente se encontram igualmente na Amazônia e nos trópicos em geral.

O estímulo para nos ocuparmos com os solos amazônicos proveio de numerosas indicações decorrentes do estudo limnológico, as quais, partindo do quimismo de águas amazônicas, levaram a conclusões sobre os solos das cabeceiras dos rios (SIOLI 1954 *a*, *b*, 1956 *a*, 1957 *a*, *b*).

Após uma estada de quase 16 anos na Amazônia brasileira, este autor, em companhia de W. SATTLER, empreendeu, em 1959/60, uma nova viagem de estudos à região, da qual trouxe, além de amostras de água e de material hidrobiológico, amostras pedológicas de 60 perfis de solos terrestres e subaquáticos, que se acham, atualmente, em estudo, pelo co-autor (H. KLINGE), na Hydrobiologische Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft em PLOEN (Alemanha). Os resultados específicos serão relatados numa série subsequente de publicações.

Num esboço de mapa da Amazônia (Fig. n.º 1) estão indicados locais onde foram coletadas as amostras de solos terrestres.

A maior parte da região amazônica é ocupada pela floresta pluvial tropical alta, a "Hiléia" de ALEXANDRE VON HUMBOLDT. Nela, em certas zonas mais freqüentemente do que em outras, são localizadas "ilhas" de uma floresta mais rala e de "campo" e "campinas", pobres em árvores, que, desde muito, vêm ocupando o interesse dos naturalis-

tas que ali trabalharam (HUBER 1910, PAFFEN 1955). Não podemos nem queremos entrar, aqui, nas discussões fitogeográficas e geográficas sobre o "problema dos campos" do Brasil (KOEGL 1914, 1922, LAUER 1952, e muitos outros), somente permitimo-nos algumas anotações às mesmas.

Enquanto que, nos campos da América tropical, com um clima do tipo Aw (seg. KOEPPEN) predominam solos pretos, argilosos ("barro-negro", "*tierra negra*"), chamados também *Regur*, *Tirs*, *Black Cotton Soil* ou *Grumosol* (FREI 1958, KLINGE 1960 d, SCHAUFELBERGER 1952, 1955, 1956) encontraram-se, nos campos da Amazônia, quase sempre Barros marrons arenosos que são parcialmente podsolizados; *Regurs* ocorrem possivelmente nas partes mais secas da região (RUELLAN 1957).

Um fenômeno botânico, comum a alguns campos amazônicos e dos neotrópicos em geral, é, apesar de condições edáficas muito divergentes (em parte *Tirses*, em parte solos podsolizados), a ocorrência da árvore *Curatella americana* h. nos mesmos (LAUER 1954, LOETSCHERT 1953, TAKEUCHI 1960).

Num tipo de floresta chamado "catinga", o qual corresponde ao "WALLABA FOREST" das Guianas (RICHARDS 1957, p. 237) e que se encontra, na Amazônia, na região do alto e médio Rio Negro, e cuja área se estende daquela região até ao sul do Rio Solimões (comunicação verbal do Sr. RICARDO DE LEMOS FRÓES, do Instituto Agrônomo do Norte, Belém-Pará), o solo consiste de podsoles típicos, desenvolvidos até uma espessura de alguns metros. Estes podsoles justificam plenamente as conclusões que o autor senior (SIOLI) já tirara anteriormente dos seus estudos sobre águas amazônicas. A espessura dos horizontes esbranquiçados dos podsoles típicos que costumam ocorrer como podsoles ferro-humosos (1), pode comportar alguns decímetros, os restantes subhorizontes A são apenas de espessura reduzida. Existem, também, horizontes A somente fracamente humosos e, por isso, de uma cor cinza até cinza clara. Em alguns casos, quando as escavações ou

(1) Segundo comunicação verbal do Revmo. Sr. Padre Plácido Toelle O.F.M., da Missão São Francisco do Cururu, as areias esbranquiçadas são chamadas, pelos índios Mundurukú, de "Cauigerít" (— areia branca) e as pedras locais de "Caúy" (— terra dura)

perfurações não podiam ser levadas a maiores profundidades, logramos apurar também somente areias esbranquiçadas abaixo das camadas superficiais de humus ácidos. Em um caso verificou-se acima da areia esbranquiçada, uma camada de turfa, de pequena espessura.

No "Wallaba Forest", com *Eperua* sp., foram igualmente podsols que se desenvolveram, e P. W. RICHARDS (1936) encontrou também podsols numa floresta de Borneo, semelhante à primeira. Descreveram-se podsols ainda dos seguintes outros países dos neotrópicos: Colômbia (JENNY 1948); Suriname (BAKKER 1954); Perú, região amazônica (ELLENBERG 1959); e E. C. J. MOHR & F. A. VAN BAREN (1959, p. 398) tratam ainda de podsols de outros países tropicais de baixa altitude.

Segundo indicações na literatura e observações próprias, devem-se esperar, desta maneira, — e em parte já se conhecem — na Amazônia, relações nítidas entre tipos de solos, tipos de águas e associações florísticas, relações estas que exigem para uma melhor compreensão pesquisas intensivas em futuros trabalhos de campo. A economia da água das diversas formas de habitats deve merecer, em tais estudos, uma atenção especial, constituindo, evidentemente, o critério decisivo. Este complexo de problemas, entretanto, não pode ser tratado aqui, antes de estudos mais detalhados *in loco*, em colaboração com um fitossociólogo ou um geobotânico, pois a subdivisão fitossociológica da Amazônia (ver tabela n.º 1) e a caracterização das associações florísticas ainda não estão satisfatoriamente definidas, aplicando-se as denominações regionais usuais muitas vezes, a associações bem diferentes.

Um fator perturbativo em tais pesquisas é a atividade humana, sobre cujo grau de intensidade com referência às populações indígenas pré-colombianas, não dispomos, hoje em dia, de dados completos. A "terra preta" por exemplo, chamada também "terra de índio" não deve ser confundida com a "*tierra negra*" dos campos com clima do tipo Aw!, coberta atualmente de floresta alta, é uma formação edáfica que agradece as suas origem e estrutura — com uma forma distrófica de humus em cima de horizontes de barro marron e barro avermelhado (terra roxa) — sem dúvida a

uma antiga cultura indígena as atividades desta promovendo o enriquecimento local com substâncias orgânicas, transformou os horizontes podsólicos — formados possivelmente somente durante a própria utilização do solo — em horizontes humosos que se podem comparar aos solos tipo “Esch” do noroeste da Europa (2). A existência de campos em solos fracamente podsolisados indica, talvez, uma origem antropogênica dos mesmos, a partir da devastação da floresta alta primitiva. Os campos em cima de barros marrons, não podsolisados, que parecem também nos *llanos* da baixada do Orenoco (RICHARDS 1957, pp 323, 327, VAGELER 1939/40), devem ao contrário ser considerados como campos naturais. No caso das catingas do Rio Negro e dos campos, pelo menos temporariamente molhados, apresentando como solos, podsols verdadeiros e que certamente nunca serviram de área de povoamento e de utilização humana, é provavelmente a água, e menos a cobertura vegetal, a responsável pela podsolisação.

Na América Central, tropical mas de clima úmido-alternado, não se conhece, até hoje, nenhuma podsolisação, nem mesmo em lugares montanhosos úmidos e frescos, mas sim uma deslocação da argila que se deve designar como “lessivação”. Esta parece estar ligada a certas localizações úmidas e altas, como florestas de neblina, e especialmente em exposição para o norte como foi provado para El Salvador (KLINGE 1960 b).

O desenvolvimento de podsols tropicais sobre uma rocha mater (*bedrock*) apropriada é bem compreensível nas catingas sempre úmidas, mas não encontra explicação nos campos secos. Nos campos úmidos da Amazônia, a podsolisação pode ser explicada como consequência do nível da água subterrânea que, pelo menos temporariamente, é alto. Nos barros marrons, arenosos até argilosos, do Norte do Brasil (especialmente na zona do Arqueano, com granito e gnaisses) que se formaram sobre um peneplano antiquíssimo que nivelou este complexo fundamental, a pobreza dos

(2) Segundo comunicações gentis dos Revmos. Srs. Padres Protasius Friel O.F.M. e Placidus Toelle O.F.M., as substâncias orgânicas originaram-se, provavelmente, de lixo caseiro, despejos de comida e domésticos em geral; nas “terras pretas” encontram-se, de preferência, objetos arqueológicos (HILBERT 1955, SIOLI 1956a).

solos em substâncias nutritivas é camuflada pela vegetação exuberante da floresta virgem. O mesmo pode ser dito para os barros marrons, na região da terra firme, e oriundos dos sedimentos do "lago" amazônico de água doce, da época do terciário. O abandono das roças depois de um cultivo de 2 a 3 anos prova infalivelmente o pequeno valor agrícola destes solos, que somente após alguns anos de repouso e de crescimento de capoeira chegam a restaurar-se a ponto de permitir uma nova utilização a curto prazo. (CAMARGO 1958, ELLENBERG 1959, SIOLI 1956 b, 1957 b). É um fato já conhecido que o capital de nutrientes das florestas tropicais em estado de climax, circula, na sua quase totalidade, diretamente entre a camada de humus e o sistema radicular superficial da vegetação florestal. Desta forma e nas dadas circunstâncias, pode-se esperar uma podsolização como consequência da derrubada do mato e da agricultura subsequente, o que nos levou à idéia relativa aos campos primários e secundários da Amaônia (cf. RAWITCHER 1946, 1949/50).

Os podsols, com horizontes B_h e B_s bem desenvolvidos encontrados na Amazônia, repousam, em alguns casos, em camadas de barro marron, incluídas parcialmente ainda no horizonte B. A base rochosa consiste aí muitas vezes de granitos antigos (cf. Mapa geológico, 1938) de superfície penneplanizada. A existência de podsols típicos, pois, deve ser uma consequência também da grande idade desta área (3, 4). Na hiléia, que ocorre em torno dos campos, encontram-se predominantemente barros marrons. Sem pesquisas especiais *in loco* ainda não se pode decidir se as camadas de barro marron por baixo dos podsols representam restos de uma cobertura que foi exposta a uma podsolização secundária, ou se estes barros marrons foram cobertos por areia. VIEIRA e J. P. FILHO (sem data), num estudo sobre as catingas do alto Rio Negro, sugerem esta última pos-

(3) Os nossos conhecimentos de paleopedologia do Brasil são ainda bastante escassos (BAKKER, KIEL & MUELLER 1953, M. N. CAMARGO 1960, SACAMOTO 1956).

(4) Devem-se mencionar, aqui, também arenitos, provavelmente do período cretáceo, no limite meridional da hiléia, no Rio Cururú e na Serra do Cachimbo, como igualmente arenitos mais antigos (do devoniano?) do Campo do Ariramba, do norte do baixo Amazonas.

sibilidade. Podsoles também foram encontrados por J. P. BAKKER (1954) por cima das areias marinhas na costa de Suriname, por P. VAGELER na costa do Brasil meridional e H. SIOLI (1957 b) fez semelhantes observações na região do estuário do Amazonas.

É notável que nos podsoles amazônicos, sempre parece faltar uma cobertura de húmus cru, apesar da alta umidade, e que na maioria dos casos, existe um horizonte apenas fracamente desenvolvido, o qual consiste de pouca quantidade de húmus coloidal entre os grãos de quartzo esbranquiçado. Por causa desta circunstância, os podsoles muitas vezes mostram-se, no terreno, como áreas claras. Mesmo pensando numa quota alta de mineralização do detrito vegetal nas condições de alta temperatura e de bom umedecimento dos habitats amazônicos, não se pode excluir a possibilidade de uma erosão dos subhorizontes superiores que livrou os mesmos dos corpos de húmus. Esta possibilidade torna-se mais compreensível, ainda, tendo em vista a deficiência do grau de cobertura efetuada pela vegetação rala destes lugares (BAKKER 1954). Nas catingas do alto Rio Negro, o corpo de húmus costuma existir por completo. Mesmo uma erosão lenta em barros marrons pouco podsolizados num ambiente de floresta seria capaz de acumular, durante lapsos de tempo prolongados, areias esbranquiçadas nas partes mais baixas dos terrenos, nas quais, então, formavam-se podsoles (VIEIRA e J. P. FILHO, sem data).

Na Amazônia, o desaguadouro das zonas mais típicas de ocorrência de podsoles, o Rio Negro, recebeu o seu nome por causa das águas escuras, húmas, chamadas “águas pretas”, que têm sua origem nas áreas de podsoles. Outros rios da Amazônia, que possuem as suas cabeceiras na Cordilheira dos Andes ou nos contrafortes da mesma ou em algumas outras regiões montanhosas (p. e., fronteira com a Venezuela), onde ocorrem predominantemente barros marrons, conduzem água barrenta, chamada “água branca”. Rios provenientes de zonas com um relevo suave e com barros marrons, possuem água mais límpida, transparente. A coloração e turvação barrentas de muitas águas da Amazônia não é de admirar, tendo em vista a extensão de ocorrências de barro marron; em tais regiões, águas que

corerm na superfície, já se tornam lamacentas, com côr de sopa de ervilha, depois de chuvas de curta duração (KLINGE 1960 c, KUBIENA 1957/58). H. SIOLI foi o primeiro que reconheceu êstes três tipos de águas amazônicas como sendo dependentes das regiões das cabeceiras, quer dizer das condições de ambiente que alí reinam, e conseguiu caracterizá-los, respectivamente, também pelas análises químicas (tabelas ns. 2 e 3). Pequenos rios e igarapés de água “branca”, barrenta, porém, não bastante raros na paisagem mais ou menos plana da Amazônia brasileira podem-se citar, como exemplos, o Rio Tinga (um dos dois formadores do Rio Cupari) e o pequeno Rio Branco de Óbidos, durante a estação chuvosa. Para a formação de tais igarapés exige-se um relevo mais acidentado do que geralmente existe na região amazônica. Os igarapés e pequenos rios de água “branca” limitam-se, alí evidentemente a partes das faixas do carbonífero ao sul e ao norte do baixo Amazonas.

O teôr em substâncias suspensas nas águas dos rios varia no que concerne às quantidades e às qualidades das mesmas, sensivelmente com as estações do ano.

De acôrdo com os dados até hoje conhecidos, parecem ocorrer, na Amazônia, além dos podsols, quase que exclusivamente barros marrons, que, aliás, podem ser de uma côr avermelhada, sem alcançar porém as colorações encarnadas típicas dos barros vermelhos que se encontram no Brasil central e meridional, na forma de “terra roxa” (GANSSEN 1957, VAGELER 1939/40). Nem sempre, porém, aparecem, dentro dos barros marrons horizontes de concreções ferruginosas que também são designadas como laterita (o nome mais regional usado é “canga”). Não foi esclarecido ainda se se trata nestes casos, de “lateritas verdadeiras” ou de “lateritas de água freática”. O teôr relativamente alto em sílica das águas de tais zonas prova, pelo menos, uma mobilidade maior do ácido silícico nos solos, permitindo desta maneira a idéia de uma leterização (KUBIENA 1956). Entretanto, também, as águas pretas mostram teores em sílica consideráveis. Além dos solos autóctones referidos até agora, encontra-se na Amazônia uma área que em conjunto é bastante grande (-|- 2% da superfície total da região), de solos aluvionais, principalmente no reino das águas barren-

tas, mas também no dos rios de águas “claras” (SIOLI, 1957 a). Tendo em vista as cargas diferentes de suspensões nos três tipos potâmicos (tabela n.º 4) não é de admirar que justamente nas áreas de águas “brancas”, barrentas, se acham sedimentos, os quais se desenvolveram em direção a “Auboeden” (“Gleye”) por causa do nível constantemente alto da água freática e das inundações periódicas. Em tais terrenos de aluvião, chamados “várzeas”, crescem tipos especiais de vegetação, as matas e os campos de várzea (tabela n.º 1). As matas de várzea não devem confundir-se com um outro tipo de floresta de inundação, o chamado “igapó” que ocorre em região de águas bem límpidas e de águas pretas, especialmente em terrenos “afogados”, e o qual é evidentemente ligado a um certo quimismo da água e a certas qualidades dos aluviões. — Na faixa costeira do Atlântico há mangais em grandes extensões.

S U M Á R I O

A trabalhos limnológicos devemos o conhecimento de dados concretos sobre os solos da Amazônia, pois pesquisas sobre o quimismo das águas permitiram conclusões a respeito dos processos de intemperismo que ocorrem nos solos das zonas de cabeceiras de rios e igarapés. Indicações provenientes de países vizinhos à Amazônia, como dos trópicos em geral confirmam os resultados dos estudos limnológicos.

Ao lado dos podsols predominam, na Amazônia, solos autóctones de colorações amarelo-castanhas, muitas vezes avermelhadas (barros marrons), como também sedimentos que têm nos mesmos as suas origens. Esta afirmativa contradiz a idéia de que seria a laterita a forma de solo quase que exclusivamente deste país.

Fatores decisivos para a podsolização parecem ser a idade antiga da rocha-mater (dos “*bedrock*”), a qualidade petrográfica das mesmas, a idade antiga das peneplanícies formadas em cima dêles, e evoluções históricas das paisagens que se desenrolavam em consequência dos primeiros fatores.

Relacionados com a formação de podsols estão problemas fitogeográficos e geográficos, que condicionam a ocor-

TABELA N.º 4-b

VARIÇÕES NO QUIMISMO DE RIOS AMAZÔNICOS COM AS ESTAÇÕES CHUVOSA E SÊCA

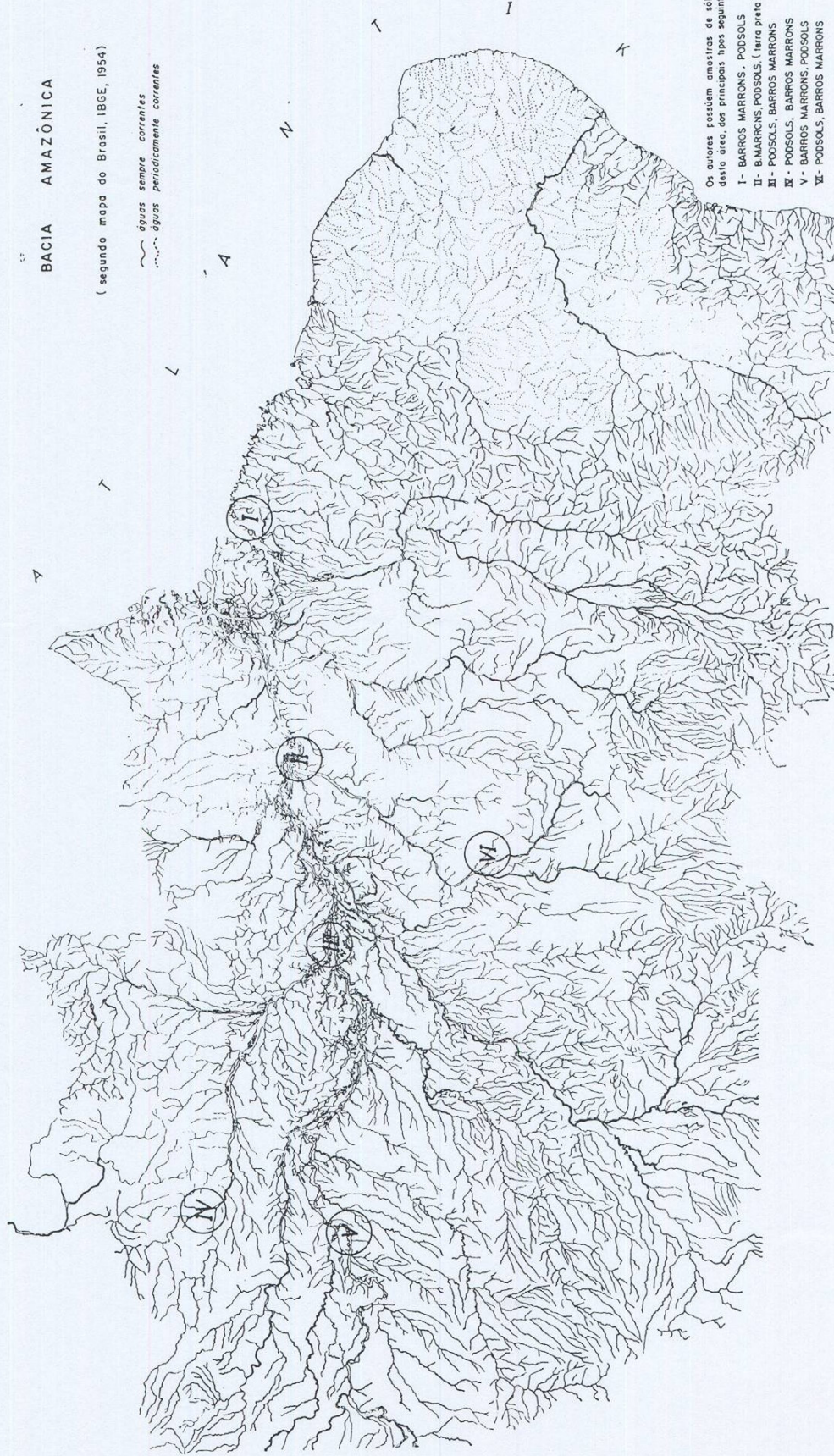
RIO	TAPAJÓS									
	AMAZONAS					Belterra				
	Santarém					Itaituba				
	Sêca (início) 1946	Chuvosa 1948 *	Chuvosa 1948	Março	4 m	Sêca 1946	Chuvosa 1948	Março	superfície	27 m
ESTAÇÃO	Junho	Março	superfície	superfície	superfície	superfície	superfície	superfície	superfície	superfície
MES	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m
PROFUNDIDADE	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m
pH	6,5	6,9	6,6	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
O ₂ diss. mg/l	—	7,17	—	8,99	8,86	8,99	8,99	8,70	8,85	8,85
CO ₂ livre mg/l	3,95	7,15	0,71	3,1	0,88	3,1	3,1	0,80	3,5	3,5
Consumo de KMnO ₄ mg/l	4,62	21,39	1,54	20,07	2,26	20,07	20,07	12,70	22,05	22,05
Fe total mg/l	0,36	0,38	—	0,12	0	0,12	0,12	tr.	0,1	tr.
Al mg/l	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0
Mn mg/l	—	0	—	0	—	0	0	0	0	0
NH ₄ mg/l	—	trr.	—	0,13	—	0,13	0,13	—	0,07	0,15
Cl mg/l	0	0,30	—	0,05	0,67	0,05	0,05	0,49	0,20	0,20
SO ₄ mg/l	2	0	—	0	2	0	0	0	0	0
NO ₃ mg/l	0,14	0,28	—	0,08	0	0,08	0,08	0,03	0,03	tr.
P ₂ O ₅ mg/l	tr.	0	—	0	0	0	0	0	0	0
SiO ₂ diss. mg/l	—	6,0	—	5,0	—	5,0	5,0	6,5	5,6	5,0
Ac. húmicos mval/l	—	0	—	0	—	0	0	—	0	0

* Análises feitas por R. Braun.

BACIA AMAZÔNICA

(segundo mapa do Brasil, IBGE, 1954)

~~~~~ águas sempre correntes  
 .... águas periodicamente correntes



Os autores possuem amostras de solos desta área, dos principais tipos seguintes:

- I - BARROS MARRONS, PODSOLS
- II - B. MARRONS, PODSOLS. (terra preta)
- III - PODSOLS, BARROS MARRONS
- IV - PODSOLS, BARROS MARRONS
- V - BARROS MARRONS, PODSOLS
- VI - PODSOLS, BARROS MARRONS

Tabela n.º 1 - Associações florísticas importantes da Amazônia (seg. Ducke & Black (1953) e experiências próprias)

| <i>Tipo de vegetação<br/>(e designação local)</i>                                   | <i>Tipo de solo</i>                                          | <i>Clima e anotações</i>                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mangue                                                                              | Solos subhídricos                                            | A <sub>fi</sub> /A <sub>wi</sub> ; duas vezes por dia expostos ao ar pela vasante da maré; pertencente ao mangue ocidental.                                                                                                        |
| Floresta de inundação (Igapó)                                                       | Solos de inundação dos vales fluviais?                       | A <sub>fi</sub> /A <sub>mi</sub> ; molhados durante quase o ano inteiro.                                                                                                                                                           |
| Floresta de várzea (Mata da várzea)                                                 | Solos de inundação                                           | A <sub>fi</sub> /A <sub>mi</sub> ; periodicamente alagados.                                                                                                                                                                        |
| Campo de várzea                                                                     | Solos de inundação                                           | A <sub>mi</sub> ; somente na margem alagável do Baixo Amazonas, periodicamente alagados.                                                                                                                                           |
| Restinga                                                                            | ?                                                            | A <sub>mi</sub> ; quase nunca alagada.                                                                                                                                                                                             |
| Floresta rala (Caatinga)*                                                           | Podsol                                                       | A <sub>fi</sub> ; floresta baixa e aberta, molhada. Frequentemente Ericaceas e Vacciniaceas.                                                                                                                                       |
| Bosque ralo (Campina, Campo no limite meridional da Hiléia)                         | Podsol                                                       | A <sub>mi</sub> ; semelhante aos campos, tipologicamente aparentado à caatinga. Ilex, Ericaceas, Vacciniaceas, Cyperaceas e Cladonia são frequentes.                                                                               |
| Floresta tropical pluvial, floresta pluvial amazônica, Hiléia (Mata da terra firme) | Barro marron ("Braunlehm"), barro marron latérico            | A <sub>fi</sub> , A <sub>mi</sub> .                                                                                                                                                                                                |
| Floresta tropical pluvial, Hiléia (Mata da terra firme)                             | Barro marro podsolizado ("terra preta", solo do tipo "Esch") | A <sub>fi</sub> , A <sub>mi</sub> ; sítios indígenas precolombianos, na maioria dos casos na borda da terra firme (HILBERT 1955).                                                                                                  |
| Savana (Campos de Santarém e de Monte Alegre etc.)                                  | Barro marron                                                 | A <sub>mi</sub> ; antropogênica?                                                                                                                                                                                                   |
| Floresta secundária (Capoeira)                                                      | Diversas formas de barro marron                              | A <sub>fi</sub> , A <sub>mi</sub> ; antropogênica. Com suficiente idade, o aspecto da capoeira é mui parecido ao da mata da terra firme. Certas diferenças fitosociológicas conforme destruição da mata por derruba ou por queima. |
| Savana, "Feuchtsavanne" seg. TROLL 1956 (Campos Gerais)                             | Barro marron, barro marron podsolizado                       | A <sub>wi</sub> .                                                                                                                                                                                                                  |

\* As "Caatingas" amazônicas não se devem confundir com as caatingas do nordeste do Brasil, do "polígono das secas"! Conhecem-se as mesmas somente na região do alto e médio Rio Negro e do Rio Solimões, na vizinhança de São Paulo de Olivença (comunicação verbal do Sr. RICARDO DE LEMOS FROES).

Decrescimento da humefação causada pela influência de água de inundação, de água freática ou de água represada.

T A B E L A N.º 2

TIPOS DE RIOS COMO EXPRESSÃO DAS CONDIÇÕES DE AMBIENTE QUE REINAM  
NAS RESPECTIVAS ZONAS DE CABECEIRAS

| TIPO DE RIO                             | CÔR D'ÁGUA                                        | REGIÃO DE CABECEIRA                                                                     | SOLOS          | VEGETAÇÃO                                    | EXEMPLOS                                                          |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Água "branca"<br>(barrenta)             | amarelada, côr de ocre, turva                     | Andes, outras montanhas                                                                 | barros marrons | floresta alta, andina, subandina e amazônica | Rio Amazonas, Rio Madeira e Rio Branco                            |
| Água "clara"<br>(límpida, transparente) | verde-amarelado até olivácea, clara, transparente | maciços do Brasil central e das Guianas, terra firme da região do terciário da Amazônia | barros marrons | floresta alta, amazônica, Campo, Cerrado     | Rio Tapajós, maioria dos igarapés da terra firme do terciário     |
| Água "preta"                            | marron-olivácea até de café                       | planificações em geral                                                                  | podzols        | Caatinga, Campo arenoso, Campina             | Rio Negro, Rio Cururu, igarapés vindos de caatingas e de campinas |

T A B E L A 3:

## VALORES MÉDIOS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS TRÊS TIPOS DE ÁGUAS AMAZÔNICAS

(Seg. análises publicadas e inéditas de H. Sioli)

| TIPO DE ÁGUA             | pH         | P total<br>mg/l | Al<br>mg/l | Mn<br>mg/l | Fe total<br>mg/l | NO <sub>2</sub> diss.<br>mg/l | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>mg/l | NH <sub>3</sub> (N seg.<br>kjeldahl)<br>mg/l | Consumo de<br>KMnO <sub>4</sub><br>mg/l | L U G A R                                                                      | LITERATURA     |
|--------------------------|------------|-----------------|------------|------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Água preta               | ≤ 4,1      | —               | *          | —          | 0,15             | 3,0                           | 0                                     | *                                            | 92,3                                    | Igarapé perto da boca do Rio Caiari-<br>Uaupés, no Rio Negro                   | Sioli 1954 a   |
|                          | 4,2        | 0               | tr.        | 0          | 0,1              | 1,0                           | 0                                     | 0,3                                          | 113,8                                   | Igarapé (17), Zona Bragantina                                                  | Sioli 1957 b   |
|                          | 4,2 — 4,3  | —               | tr.        | —          | 0,19             | 2,5                           | 0                                     | *                                            | 71,3                                    | Rio Negro, perto de Içana.                                                     | Sioli 1955 a   |
|                          | << 3,8     | 0,157 *         | —          | 0,012      | 0,24             | 2,6                           | 0,099                                 | 1,46                                         | —                                       | Escadouro pequeno de fonte em<br>uma recém-queimada, em Carapóço,<br>Rio Içana | Sioli, inédito |
|                          | < 3,8      | 0,013           | —          | 0          | 0,19             | 1,7                           | 0,017                                 | 1,42                                         | —                                       | Água freática, caatinga do Tucundáí,<br>alto Rio Negro.                        | Sioli, inédito |
| Média                    | < 4,3      | < 0,157         | tr.        | < 0,012    | < 0,24           | < 3,0                         | < 0,99                                | < 1,46                                       | > 70                                    |                                                                                |                |
| Água clara, transparente | 5,2        | —               | 0          | —          | 0,03             | 3,5                           | 0,2                                   | 0                                            | 9,3                                     | Igarapé perto da boca do Rio Caiari-<br>Uaupés, no Rio Negro.                  | Sioli 1954 a   |
|                          | 4,6        | 0               | 0          | 0          | 0                | 4,5                           | 0,8                                   | 0,10                                         | 9,5                                     | Igarapé (4) na Zona Bragantina                                                 | Sioli 1957 b   |
|                          | 6,55       | 0               | 0          | 0          | tr.              | 5,0                           | —                                     | 0,15                                         | 15,46                                   | Rio Tapajós, defronte de Belterra                                              | Sioli inédito  |
|                          | 4,6 — 6,6  | 0               | 0          | 0          | ≤ 0,03           | 3,5 — 5,0                     | ≤ 0,8                                 | ≤ 0,15                                       | ≤ 15,5                                  |                                                                                |                |
| Média                    |            |                 |            |            |                  |                               |                                       |                                              |                                         |                                                                                |                |
| Água branca, barrenta    | 6,9        | 0               | 0          | 0          | 0,38             | 6,0                           | 0,28                                  | tr.                                          | 21,39                                   | Rio Amazonas, defronte de Santarém                                             | Sioli, inédito |
|                          | 6,5        | tr.             | 0          | —          | 0,36             | —                             | 0,14                                  | —                                            | 4,6                                     | Idem                                                                           | Idem           |
|                          | 7,2        | 0,145           | 0,02       | 0,25       | 5,1              | 8,3                           | 0,034                                 | 0,67                                         | —                                       | Curso inferior do Rio Madeira                                                  | Idem           |
|                          | 7,25       | 0,092           | 0,04       | 0,084      | 3,05             | 12,4                          | 0,023                                 | 0,50                                         | —                                       | Rio Solimões, perto de Santo Antônio<br>do Içá                                 | Idem           |
| Média                    | 6,5 — 7,25 | < 0,145         | < 0,04     | < 0,25     | < 5,1            | < 12,4                        | < 0,28                                | < 0,67                                       | < 21,4                                  |                                                                                |                |

\* A queima recente parece explicar o alto valor do P total.

rência e o alastramento de campos e de florestas ralas, dentro do território da hiléia amazônica (floresta pluvial equatorial), que predomina em toda a região.

Nas áreas de povoamento das tribos extintas, de índios precolombianos, encontram-se podsols análogos, transformados antropogenicamente, e comparáveis aos solos do tipo "Esch" do noroeste da Europa ou barros marrons podsólicos.

Os podsols amazônicos parecem ser pobres em húmus.

Fazem-se indicações sobre os quimismos e as cargas de suspensões nos diversos tipos de águas, para demonstrar a existência de relações entre as águas e os solos da Amazônia. Os diferentes tipos de água explicam-se por diferenças nas condições edáficas nas respectivas regiões de cabeceiras. O conhecimento de estreitas relações causais mútuas, entre águas, solos e plantas e animais que habitam os mesmos, deu origem a um ramo de pesquisas, no Instituto Hidrobiológico da Sociedade Max-Planck em Ploen, que pode ser chamada "Ecologia da paisagem". Este ramo dos estudos trata das águas e suas relações com o ambiente, com as dependências e os efeitos mútuos que existem entre si.

## S U M M A R Y

Thanks to limnological investigations we dispose actually of concrete data about soils in the Amazon region, since studies about the chemistry of water bodies allow conclusions about weathering processes occurring in the soils of the headwater regions of rivers and creeks. Indications coming from regions adjacent to Amazônia as well as from the tropics in general confirm the results of the limnological studies.

Besides of the autochthonous soils of yellow till brown, sometimes reddish colours ("Braunlehme") and of sediments which have their origin in the first mentioned soils, there are, in Amazônia, in many places podsols of greater or smaller extensions. This statement is in contradiction to the idea that laterite be the almost exclusive soil type of that country.

It seems that the following factors are decisive for the podsolization: old age of the bedrocks, the petrological

qualities of them, old age of the peneplains formed on top of them, geographical-historical evolutions of the landscapes which took place in consequence of the firstly mentioned factors.

Correlated with the formation of podsoles are phytosociological and geographical problems concerning the occurrence, distribution and extension of Campos and of clear, open forests inside of the area of the amazonian equatorial rain-forest which predominates in the whole region.

In the settling zones of extinct tribes of precolumbian Indians there are found podsoles in form of black soil ("terra preta"), anthropogenically transformed and comparable with the "Esch"-soils of northwestern Europe, or podsolized brown-clays.

The amazonian podsoles seem to be poor in humus.

This paper also contains data about chemistry and suspension-loads of the different types of waters with the purpose of showing the existence of dependencies between waters and soils in the amazonian region; the different types of waters are explained by differences in the geomorphological and edaphological conditions of the respective headwater-regions.

The knowledge of strait mutual causal relations between waters, soils and plants and animals which inhabit the former ones, lead, in the Hydrobiological Institute of the Max-Planck-Society at Plön, Germany, to a research-branch called "landscape-ecology" which treats with the dependencies and mutual effects existing between the waters and their environment.

## ZUSAMMENFASSUNG

Limnologischen Arbeiten verdanken wir konkrete Angaben über die Böden im Amazonasgebiet, da Untersuchungen über den Chemismus der Gewässer Rückschlüsse erlaubten auf Verwitterungsvorgänge, die in den Böden der Quellgebiete von Flüssen und Bächen vor sich gehen. Angaben aus Nachbargebieten Amazoniens wie aus den Tropen allgemein bestätigen die Befunde der limnologischen Untersuchungen.

Neben den autochthonen Böden gelber bis brauner, vielfach rötlicher Färbung (Braunlehme) sowie neben Sedimenten, welche in den erstgenannten Böden ihren Ursprung haben, kommen im Amazonasgebiet vielerorts Podsole mehr oder weniger grosser Ausdehnung vor. Dieser Befund widerspricht der Auffassung, dass Laterit die fast ausschliessliche Bodenform jenes Landes sei.

Bestimmende Faktoren für die Podsolierung scheinen zu sein: das hohe Alter des Muttergesteins, die petrographischen Eigenschaften desselben, das hohe Alter der auf demselben ausgebildeten Peneplains, die geschichtlichen Entwicklungen der Landschaften, die sich infolge der erstgenannten Faktoren abgespielt haben.

Mit der Bildung von Podsolen sind phytosoziologische und geographische Probleme verbunden, die das Vorkommen und die Ausbreitung von Campos und von lichten Wäldern innerhalb des Gebietes des amazonischen äquatorialen Regenwaldes betreffen, welcher in der ganzen Region vorherrscht.

In den Siiddlungsbezirken ausgestorbener Stämme vor-kolumbianischer Indianer finden sich Podsole in Form von "Schwarzerde" ("terra preta"), die anthropogen verändert und mit den Eschböden Nordwesteuropas vergleichbar sind,

Die amazonischen Podsole scheinen arm an Humus zu sein.

Es werden Angaben gemacht über Chemismus und Schwebstoffmengen in den verschiedenen Gewässertypen, um die Existenz von Abhängigkeiten zwischen Gewässern und Böden im Amazonasgebiet aufzuzeigen; die verschiedenen Gewässertypen erklären sich durch Verschiedenheiten im Relie und in den Böden der betreffenden Quellgebiete. Die Kenntnis enger wechselseitiger Kausalbeziehungen zwischen Gewässern, Böden sowie Pflanzen und Tieren, die die ersten bewohnen, führte im Rahmen der Hydrobiologischen Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft in Plön, Deutschland, zu einer "Landschaftsökologie" genannten Forschungsrichtung, die sich mit den Abhängigkeiten und Wechselwirkungen befasst, welche zwischen den Gewässern und der Umgebung derselben bestehen.

## L I T E R A T U R A

- Bakker, I.P.: Bodem en bodemprofielen van Suriname, in het bijzonder van de noordelijke savannenstrook. — *Het Landbouwkund. Tijd.* **63**, 379 — 391 (1951). — Bakker, I.P.: Über den Einfluss von Klima, jüngerer Sedimentation und Bodenprofilentwicklung auf die Savannen Nord-Surinams (Mittelguyana). — *Erdkunde* **VIII**, 98 — 112 (1954). — Bakker, I.P.: Zur Graniverwitterung und Methodik der Inselbergforschung in Surinam. Tagungsber. u. wiss. Abhandl. Dtsch. Geographentag Würzburg, 122 — 131 (1957 a). — Bakker, I.P.: Die Flächenbildung in den feuchten Tropen. Tagungsber. u. wiss. Abhandl. Dtsch. Geographentag Würzburg, 86 — 88 (1957 b). — Bakker, I.P., Kiel, H., and Müller, H.J.: Bauxite and sedimentation in the northern part of Surinam (Netherlands Guiana). — *Geol. Mijnbouw, Nw. Ser.*, **15**, 215 — 226 (1953). — Bakker, I.P.; and Müller, H.J.: Zweiphasige Flussablagerungen und Zweiphasenverwitterung in den Tropen unter besonderer Berücksichtigung von Surinam. — *Stuttgarter Geograph. Studien* **69**, 365 — 397 (1957). — Bluntschli, H.: Die Amazonasniederung als harmonischer Organismus. — *Geograph. Z.* **27**, 49 — 67 (1921). — Bramao, D.L., and Lemos, P.: Soil map of South America. FAO, 1960, 17 pág. — de Camargo, F.C.: Report on the Amazon region. — *Problems of humid tropical region.* UNESCO, Paris 1958, 14 pág. — Camargo, M.N.: The relation between soils and geomorphology in Minas Gerais, Brazil. — *Working papers, VIIth Congress Internat. Soc. Soil Sci.*, Madison 1960, 20-VIII-1960. — de Castro Soares, L.: Excursion guidebook N.<sup>o</sup> 8: Amazônia. — 18th Internat. Geograph. Congress, Brazil 1956, Rio de Janeiro. — Ducke, A. and Black, G.A.: Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon. — *Anal. Acad. Brasil. Ciências, Rio de Janeiro*, **XXV**, 1 — 46 (1953). — Durr, F., und Klinge, H.: Beiträge zur Stratigraphie und zur Palaopedologie des mittleren El Salvador. — *Neues Jahrb. Geol. Palaeont., Monatsh.* **3**, 111 — 132 (1960). — Ellenberg, H.: Typen tropischer Urwälder in Peru. — *Schweiz Z. Forstwesen* **3**, 169 — 187 (1959). — Frei E.: Eine Studie über den Zusammenhang zwischen Bodentyp, Klima und Vegetation in Ecuador. — *Plant and Soil* **IX**, 215 — 236 (1958). — Gannsen, R.: Bodengeographie. Koehler, Stuttgart 1957. Gourou, P.: Observações geográficas na Amazônia. — *Rev. Brasil. Geografia*, **XI** 355 — 408 (1950). — Hilbert, P.P.: A cerâmica arqueológica da região de Oriximiná. — *Publ. Inst. Antropol. Etnól. Pará* **9** (1955). — Huber, J.: Mattas e madeiras amazônicas. — *Bol. Mus. Goeldi* **VI**, 91 — 225 (1910). — Jenny, H.: Great soil groups in the equatorial regions of Colombia, South America. — *Soil. Sci.* **66**, 5 — 28 (1948). — Katzer, F.: Grundzüge der Geologie des unteren Amazonasgebiets. Weg, Leipzig 1903. — Klinge, H.: Beiträge zur Kenntnis tropischer Böden. I. — *Z. Pflanzenernaehr., Düng., Bodenkunde* **89**, 102 — 114 (1960 a). — Klinge, H.: Beiträge zur Kenntnis tropischer Böden. III. — *Z. Pflanzenernaehr., Düng., Bodenkunde* **90**, 70 — 82 (1960 b). — Klinge, H.: Die Böden El Salvador, Zentralamerika. — *Neues Jahrb. Geol. Palaeont., Monatsh.* **9**, 404 — 416 (1960 c). — Klinge, H.: Ergebnisse bodenkundlicher Standortserkundungen in El Salvador, Zentralamerika. — *Mitt. Bundesforschungsanst. Reinbek* **47** (1960). — Klinge, H.: Bemerkungen zur Bodenkarte von El Salvador, Zentralamerika. — *Neues Jahrb. Geol. Palaeont., Abhandl.* (1960 e). — Klinge, H.: Beiträge zur Kenntnis tropischer Böden. II. — *Z. Pflanzenernaehr., Düng., Bodenkunde* **89**, 211 — 216 (1960 f). — Koegel, Ludwig, 1914: Das Urwaldphänomen Amazoniens. Eine geographische Studie. — *Inaugural — Dissertation, Erlangen* 1914: 1 — 83. — Koegel, Ludwig, 1922: Zur Frage der Urwaldentwicklung in Amazonien. — *Geograph. Zeitschrift* 1922: 187 — 190. — Kubiena, W.L.: Rubefizierung und Laterisierung. — *Rapp. VIe Congres Internat. Sci. Sol, Paris* 1956, **E**, 247 — 249 (1956). — Kubiena, W.L.: Aula, Universidad de Hamburgo 1957/58. — Lam, H.J.: Observations of a naturalist in Netherlands New Guinea. *Fragmenta Papuana. Transl. L.M. Perry.* — *Sargentia* **5** (1945). — Lauer, W.: Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehungen zu den Vegetationsgürteln. — *Bonner Geograph. Abhandl.* **9** (1952). — Lauer, W.: Las formas de la vegetación de El Salvador. — *Comunic. Inst. Trop. Invest. Cient., San Salvador* **1**, 41 (1954)

— Lotschert, W.: La sabana de morros en El Salvador. — *Comunic. Inst. Trop. Invest. Cient.*, San Salvador **5/6**, 122 — 128 (1953). — Marbut, C.F., and Manifold, C.B.: The soils of the Amazon Basin in relation to agricultural possibilities. — *Geograph. Rev.* **XVI**, 414 — 442 (1925). — Maull, O.: *Handbuch der Geomorphologie*. Deuticke, Wien 1953. — Mohr, E.C.J., and van Baren, F.A.: *Tropical soils*. Van Hove, The Hague and Bandung 1959. — de Oliveira, A.J.: *Mapa geológico do Brasil*, 1938. — Paffen, K.H.: Caatinga. Campos und Urwald in Ostbrasilien. — *Tagungsber. u. wiss. Abhandl., Dtsch. Geographentag Hamburg*, 215 — 226 (1955). — de Paiva Neto, J.E., Catani, R.A., Küpper, A., Penna Medina, H., Verdade F. C., Gutmans, M., Nascimento, A.C.: Observações gerais sobre os grandes tipos do solo do Estado de São Paulo. — *Bragantia*, **11**, 227 — 253 (1951). — Rawitscher, F.: Die Tiefe der Gesteinszersetzung, ein wichtiger oekologischer Faktor in den Tropen. — *Vegetatio* **II**, 14 — 19 (1949/50). — Rawitscher F.: Die Erschoepfung tropischer Boeden infolge der Entwaldung. — *Acta Tropica* **III**, 211 — 241 (1946). — Richards, P.W.: Ecological observations on the rain forest of Mount Dulit, Sarawak. — *J. Ecology* **24**, 1 — 37 (1936). — Richards, P.W.: *The tropical rain forest*. Cambridge University Press 1957. — Ruellan, F.: *Expedições geomorfológicas no Território do Rio Branco*. — *Inst. Nac. Pesquisas Amazonia* 1957. — Sakamoto, T.: Double symbols for tropical soil notation when recent profiles are superimposed on older ones. — *Abstr. paper 18th Intern. Geograph. Congress, Brazil* 1956. — Sioli, H.: Gewaesserchemie und Voergange in den Boeden des Amazonasgebiets. — *Naturwiss.* **19** 456 (1954 a). — Sioli, H.: Betrachtungen über den Begriff der "Fruchtbarkeit" eines Gebietes and Hand der Verhaeltnisse in Boeden un Gewaessern Amazoniens. — *Forsch.u. Fortschr.* **28**, 65 — 72 (1954 b). — Sioli, H.: O Rio Arapiuns. — *Bol. Técnico Inst. Agronom. Norte.* **32**, 5 — 116 (1956 a). — Sioli, H.: Über Natur und Mensch im brasilianischen Amazonasgebiet. — *Erdkunde* **X**, 89 — 109 (1956 b). — Sioli, H.: Sedimentation im Amazonasgebiet. — *Geol. Rundschau* **45**, 608 — 633 (1957 a). — Sioli, H.: Beitrage zur regionalen Limnologie des Amazonasgebietes. IV. — *Archiv Hydrobiologie* **53**, 161 — 222 — (1957 b). — Schaufelberger, P.: Gibt es in den Tropen Tschernosem? — *Z. Pflanzenernaehr., Düng., Bodenkunde* **57/58**, 121 — 134 (1952). — Schaufelberger, P.: Verwitterung und Bodenbildung auf basischen Eruptivgesteinen. — *Schweiz. mineral. petrograph. Mitt.* **34**, 319 — 335 (1954). — Schaufelberger, P.: Tonbildung in tropischen Boeden. — *Schweiz. mineral. petrograph. Mitt.* **35**, 168 — 184 (1955). — Schaufelberger, P.: Kritische Betrachtung der Bodenklassifikationen. — *Schweiz. mineral. petrograph. Mitt.* **36**, 515 — 538 (1956). — Schulz, I.P.: Ecological studies on rain forest in northern Suriname. *Verhan. koninkl. Akad. Wetenschappen, AfD. Natuurk.* **LIII**, 1, Amsterdam 1960. — Takaeuchi, M.: The structure of the Amazonian vegetation. I. — *J. Faculty Sci., Univ. Tokyo, Sect. III, Botany*, **VII**, 523 — 533 (1960). — Teixeira Guerra, A.: Os lateritos dos campos do Rio Branco e sua importância para a geomorfologia. — *Rev. Brasil. Geografia* **XVII**, 220 — 224 (1955). — Troll, C.: Das Wasser als pflanzengeographischer Faktor. *Handbuch Pflanzenphysiol.*, Springer, Berlin-Goettingen-Heidelberg, **III**, (1955). — Vageler P.: Die Vegetationszonen Brasiliens als Ergebnis von Klima, Boden und Geschichte. — *Z. Weltforstwirtschaft* **VII**, 813 — 854 (1939/40). — Vageler, P.: Comparison of recent alluvial soils: the varzeas of the Rio Guamá and Nile. — *Proc. UN Scient. Conf. Conservat. Utilizat. Resources, Lake Success, New York* **VI**, 598 — 602 (1949). — Vieira, L.S., e Filho, J.P.S.O.: As caatingas do Rio Negro. — *Inst. Agronom. Norte.*