

O PAPEL DAS RAIZES NO CICLO HIDROLOGICO DA FLORESTA AMAZONICA

A. Chauvel¹, A.R.T. Vital², Y. Lucas³, T. Desjardins¹, W.K. Franken²,
F.J. Luizão², L.A. Araguás⁴, K. Rozanski⁴ e A.P. Bedmar⁴

¹ INPA/ORSTOM Caixa postal 478 Manaus, AM 69011

² INPA Caixa postal 478 Manaus, AM 69011

³ ORSTOM/USP - Instituto de Astronomia e Geofísica

⁴ IAEA, Isotope Hydrology Section, Vienna, Austria

ABSTRACT

The cross-comparison of data on: (i) the distribution of roots in the soil profile; (ii) the soil morphology; (iii) the moisture profile; and (iv) the infiltration of tritium-labelled water, address a considerable uptake of water by the vegetation from lower latosolic horizons (up to 6 m). The hypothesis of an inter-annual regulation of the water cycle is suggested.

1. Introdução

Na Amazônia brasileira, trabalhos recentes evidenciaram o caráter sazonal das raízes, especialmente das finas (Luizão et al., 1992) e a presença de raízes atingindo profundidades de vários metros (Cerri & Volkoff, 1987; Nepstad & Jipp, 1992) nos Latossolos cobertos por floresta tropical úmida. Por outro lado, os trabalhos de Pimentel da Silva et al. (neste volume) indicaram uma significativa subtração de água abaixo de 2 m de profundidade, o que conduz à necessidade de se examinar em detalhe as relações solo-água-raízes nos horizontes profundos do solo. Neste trabalho, nos propomos a examinar simultaneamente os dados preliminares sobre a distribuição das raízes, a dinâmica da água e as propriedades físicas de Latossolos da região Norte de Manaus, AM.

2. Meio físico

Os resultados apresentados foram obtidos na região Norte-Nordeste de Manaus (ZF-2 e Reserva Ducke). O clima é do tipo tropical úmido (Af segundo a classificação de Köppen). A precipitação pluviométrica anual varia amplamente de um ano para outro (com variações da ordem de 1000 mm entre os extremos), com média de 2075 mm. As chuvas apresentam um acentuado padrão sazonal: durante 1 a 4 meses em cada ano, mais frequentemente entre junho e outubro, as chuvas não chegam a 60 mm/mês, enquanto que a evaporação total passa de 100 mm/mês (Cabral, 1991); o balanço hídrico é, portanto, negativo, ou seja, há déficit de água no solo neste período.

O solo estudado, cobrindo os platôs baixos, é um "Latosolo Amarelo, álico, textura muito argilosa" (Camargo & Rodrigues, 1979), caracterizado pela forte dessaturação dos horizontes B latossólicos e corresponde a um oxisol na classificação americana. O solo é composto de caulinita (80%) de hidróxidos de ferro e alumínio, e de 5 a 15% de quartzo. O limite inferior dos horizontes latossólicos situa-se entre 6 e 7 m de profundidade.

A vegetação, conhecida pelo nome de "floresta de terra firme", é uma floresta densa úmida perenifólia (Prance et al., 1976).

3. Distribuição das raízes

O peso e o comprimento das raízes até 6 m de profundidade foram medidos no final da estação seca (novembro 91). Uma trincheira (2 m X 1 m) de 6,5 m de profundidade foi escavada e blocos de 15 dm³ foram retiradas ao longo das paredes. Depois da pesagem das amostras, as raízes foram separadas do solo por peneiração sob jatos de água, usando peneiras de 2 e de 0,25 mm. Uma separação manual, a olho nu e sob lupa microscópica, permitiu separar as raízes em classes de diâmetro (1-5 mm; 0,2-0,5 mm; menos de 0,2 mm. As raízes de diâmetros superiores a 5 mm não foram incluídas nos resultados apresentados). As raízes foram lavadas, secas a 70 °C e pesadas. Antes da secagem, o comprimento das raízes foi medido em uma alíquota de amostra para cada classe de raiz separada. A relação entre o peso e o comprimento das raízes da alíquota foi utilizada para estimar o comprimento das raízes de cada amostra.

As raízes foram observadas da superfície até o limite inferior da trincheira, estando a maior parte concentrada nos horizontes superficiais (Fig.1a). Nos trinta primeiros centímetros, foram medidos perto de 70 km/m³ de raízes, das quais 78% eram raízes finas, com diâmetro inferior a 0,2 mm. A quantidade de raízes diminui muito rapidamente com a profundidade e a partir de 1 m de profundidade foram sempre medidos menos de 3 km/m³ de raízes, com exceção das profundidades de 3 e 6 m, onde houveram ligeiras acumulações de raízes (6 e 3,5 km/m³ respectivamente). As raízes finas ($\phi < 0,2$ mm), que já predominam nas camadas superficiais, contribuem com mais de 90% do total de raízes profundas no solo.

4. Solo

O solo das áreas estudadas é constituído por um conjunto de horizontes pedológicos, muito argilosos, móveis, limitado, a 6-7 m de profundidade, por uma transição rápida, sub-horizontal, com um horizonte de nódulos ferruginosos e gibbsíticos subjacentes.

O perfil vertical foi estudado em detalhe (Lucas, 1989) por métodos de análises clássicas de solo, bem como pela observação microscópica e ultra-microscópica. Para caracterizar a porosidade fina ($\phi < 100$ μ m), foi medida a distribuição dimensional dos poros utilizando-se a técnica da injeção de mercúrio. Os resultados obtidos são representados por histogramas de distribuição dos vazios em classes definidas pelo acréscimo constante do logaritmo decimal do raio dos poros, ou "espectro de porosidade" (Lawrence, 1977; Grimaldi et al., 1990).

Estes resultados evidenciam diferenciações verticais:

a) nos 40 cm superficiais, concentra-se uma grande parte dos nutrientes, da matéria orgânica, das raízes e da biomassa microbiana. A atividade biológica mantém uma macroporosidade ($\phi > 100$ μ m) importante.

b) entre 0,4 e 3,5 m de profundidade, o solo é dividido em microagregados por fissuras finas, produzindo um espectro de porosidade bimodal (Fig.1b): os poros menores ($\phi < 0,1$ μ m) entre as partículas de caulinita e os maiores (de algumas dezenas de μ m) correspondendo às microfissuras entre os microagregados. Estes últimos, juntamente com a microagregação, diminuem progressivamente de importância com a profundidade;

c) entre 3,5 e 5 m, a porosidade é essencialmente do tipo mais fino ($\phi < 0,1$ μ m) e as microfissuras são reduzidas ao extremo, ocorrendo o mesmo com a microagregação;

d) entre 5 e 6,5 m, aparecem nódulos (ferruginosos e gibbsíticos) em número crescente com a profundidade. A degradação destes nódulos, progressiva de baixo para cima, produz os vazios de dissolução e então se desenvolve a porosidade situada entre 1 e 100 μm nos espectros de porosidade do solo (Fig.1b). Estas dissoluções afetam os nódulos compostos de hematita, que não liberam nenhuma quantidade detectável de nutrientes. Mais em profundidade, a transição com o horizonte nodular subjacente é clara e ondulada.

5. Variações sazonais da umidade do solo

Os resultados das medidas da umidade gravimétrica das amostras retiradas no trado até 6 m de profundidade são representados na Fig.1c. A primeira curva caracteriza o final da estação chuvosa (medidas de 06.07.91), enquanto a segunda corresponde ao pico da estação seca (medidas de 22.11.91). As variações da umidade permitem a caracterização de quatro conjuntos:

- de 0 a 40 cm, os conteúdos de água e suas amplitudes de variação entre situações extremas são máximas na superfície e diminuem progressivamente nas zonas inferiores;
- de 40 cm a 3,5 m, as umidades na estação seca variam pouco com a profundidade, enquanto que as do final da estação chuvosa reduzem-se progressivamente, produzindo uma diminuição das variações;
- de 3,5 a 5 m, as duas curvas quase se confundem e ambas diminuem um pouco nas zonas inferiores;
- abaixo de 5 m, os valores da umidade no pico da época seca continuam a reduzir-se com a profundidade, ao passo que os do final da estação chuvosa se mantêm e, depois, aumentam fortemente próximo ao limite do horizonte nodular subjacente. A amplitude de variação é então a máxima encontrada.

6. Movimento de água no solo

A marcação artificial da água pelo uso de isótopos de hidrogênio tem sido amplamente utilizada para medir a velocidade de infiltração e a estocagem de água no solo (Rozanski et al., 1992). Neste trabalho, injetou-se trítio (atividade de 420 μCi e 560 μCi) em parcelas de 3x3 m em abril 1990 e 300 litros de água não marcada foram adicionados para "empurrar" o nível marcado no perfil e evitar as perdas de traçador devidas à evaporação. Amostras de solo foram retiradas aos 59, 114 e 377 dias após a injeção de trítio. A extração da água e as análises isotópicas foram realizadas no laboratório "Isotope Hydrology of IAEA". Os resultados (Fig.1d) mostram uma infiltração lenta da água marcada: após 59 dias, observou-se um pico de trítio a cerca de 1 m de profundidade. Este pico de trítio desloca-se pouco durante a estação seca e, em outubro, 114 dias após a injeção, ele se localiza a aproximadamente 1,5 m de profundidade. Entre outubro 90 e maio 91, durante o final da seca e praticamente toda a estação chuvosa, a água marcada aprofundou-se até cerca de 3,5 m no solo. Observou-se uma perda de 40% de trítio entre 1,5 e 3,5 m de profundidade, indicando uma absorção significativa da água do solo pelas raízes existentes entre esses níveis. A velocidade de infiltração da água, calculada a partir do deslocamento do trítio, varia, portanto, no decorrer do ano: é duas a três vezes mais elevada na estação chuvosa (30 a 39 cm/mês) do que na estação seca (13 cm/mês).

7. Discussão

Quanto às relações solo-planta-atmosfera, o Latossolo de platô sob floresta úmida poderia ser dividido em quatro zonas:

- nos 40 cm superficiais, as chuvas frequentes e uma forte atividade biológica permitem a manutenção de condições favoráveis à absorção radicular da água e dos nutrientes. Cessando as chuvas por mais de uma semana, esgota-se a reserva líquida disponível;

- a microagregação dos horizontes B latossólicos, desenvolvida de 0,4 a 1,4 m, diminui progressivamente até 3,5 m, assim como a porosidade inter-microagregados (da ordem de 10 μm), que retém a água disponível. Segundo Van Wambecke (1974), a condutividade hidráulica destes solos decresce abruptamente quando a tensão ultrapassa 1000 cm de água; as raízes devem então crescer em direção às zonas úmidas do perfil, para aí absorver a água retida. Supõe-se que o máximo de raízes finas observado no final da estação seca a cerca de 3,5 m de profundidade no solo, esteja associado a isto e corresponda a uma fronteira de propagação dessas raízes. Os resultados da marcação da água com trítio mostram que o estoque de água acumulado neste nível provém essencialmente das chuvas anuais e que, neste nível, a absorção de água pelas raízes é elevada;

- de 3,5 a 5 m, a redução da porosidade de dimensões superiores a 0,1 μm limita a disponibilidade de água para as raízes, sem contudo impedir uma circulação vertical lenta da água em regime pseudo-permanente (P. Audry, físico do solo, comunicação oral). Neste nível, a densidade das raízes é menor;

- a partir de 5 m de profundidade, a existência de uma descontinuidade nos materiais de porosidades diferentes (matriz e nódulos) implica em uma acumulação de água disponível para as raízes finas deste nível. Supõe-se que esta absorção pelas raízes seja responsável pela diminuição da umidade, constatada entre 5 e 6 m, na estação seca. Os resultados da marcação pelo trítio parecem indicar que esta água profunda absorvida pelas raízes provém de chuvas dos anos anteriores, o que implicaria numa regulação interanual do ciclo da água na floresta amazônica.

8. Referências bibliográficas

- CABRAL, O. 1991. Armazenagem de água num solo com floresta de terra firme e com seringal implantado. Dissertação de Mestrado, INPE, 104p
- CAMARGO, M.N. & RODRIGUES, T.E. 1979. Guia de Excursão. XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Manaus. EMBRAPA, 72p
- CERRI, C.C. & VOLKOFF, B. 1987. Carbon content in a yellow latosol of central Amazon rain forest. Acta Oecol. 8:29-42
- GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; LUIZAO, F.; NUNES, N.; LOBATO-RODRIGUES, M.R.; AMBLARD, P. & TESSIER, D. 1990. Effets de la déforestation et de diverses cultures sur la structure des latossols argileux d'Amazonie Brésilienne. MAB-UNESCO, Cayenne, Guyane Fr., 12-16 março 1990.
- LAWRENCE, G.P. 1977. Measurement of pore sizes in fine-textures soils: a review of existing techniques. J. Soil Sci. 28:527-540
- LUCAS, Y. 1989. Systemes pédologiques en Amazonie Brésilienne. Equilibres, déséquilibres et transformations. These de Doctorat, Université de Poitiers, n° 211, 157p

- LUIZAO, F.J.; LUIZAO, R.C. & CHAUVEL, A. 1992. Premiers résultats sur la dynamique des biomasses racinaires et microbiennes dans un latossol d'Amazonie Centrale (Brésil) sous forêt et sous pâturage. Cahiers Pedologie ORSTOM (aceito)
- NEPSTAD, D. & JIPP, P. 1992. Deep soil water uptake in Amazon forest and pasture. Nature (submetido)
- PRANCE, G.T.; RODRIGUES, W.A. & SILVA, M.F. 1976. Inventário florestal de um hectare de mata de terra firme, km 30 da estrada Manaus-Itacoatiara. Acta Amazonica 6:9-35
- ROZANSKI, K.; ARAGUAS-ARAGUAS, L.; BEDMAR, A.P.; FRANKEN, W.; TANCREDI, A.C. & VITAL, A.R.T. 1992. Water movement in the Amazon soil traced by means of hydrogen isotopes. In: Proc. Intern. Symp. on Use of Stable Isotopes in Plant Nutrition, Soil Fertility and Environmental Studies. IAEA, Viena (no prelo)
- VAN WAMBEKE, A. 1974. Les propriétés agricoles des oxisols. Pedologie 24:191-195

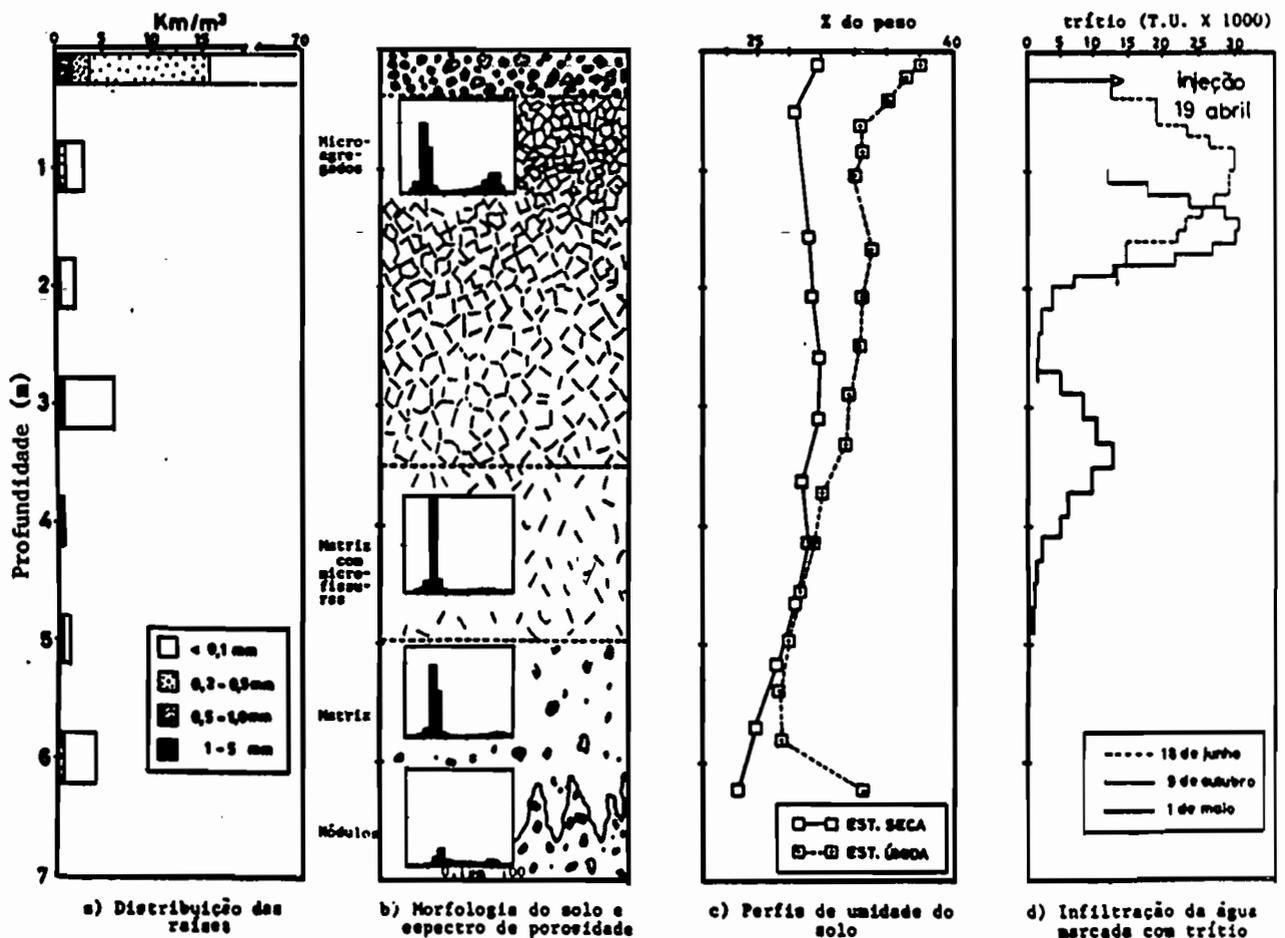


FIGURA 1: Diagrama do perfil do solo, mostrando a distribuição: (a) das raízes; (b) da estrutura morfológica do solo e dos poros; (c) da umidade; e (d) da infiltração da água marcada com trítio