

CICLAGEM DE NUTRIENTES NA MATA DE DOIS IRMÃOS (RECIFE)

1. ATRAVÉS DA ÁGUA DE CHUVA *

K. S. NUNES

Aluno do Curso de Mestrado em Botânica da UFRPE.

E. V. S. B. SAMPAIO

Pesquisador do Dep. de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

A. G. ANDRADE

Prof. Adjunto do Dep. de Química da UFRPE.

Na mata de Dois Irmãos, Recife-PE, foram determinados, durante um ano, os volumes de água de chuva acima das copas, no nível do solo depois de atravessar as copas e a 72 cm de profundidade no solo e as concentrações de K, P, Ca e Mg em amostras dessas águas e na água do açude que drena a área. Da precipitação total (2260 mm), 89% atravessaram as copas e 74% percolaram no solo. Em geral, as concentrações dos elementos foram mais altas na época de menor pluviosidade e foram mais elevadas na água percolada que na água que atravessou as copas e mais nesta que na água de chuva. As concentrações de K e Mg aumentaram duas a doze vezes com a passagem da água pela copas, enquanto as de P e Ca aumentaram de uma a duas vezes. O aporte de nutrientes à mata foi de 19, 11, 29 e 1,3 kg/ha⁻¹.ano⁻¹ de K, P, Ca e Mg, respectivamente. As perdas de nutrientes do solo, estimadas com base nas concentrações na água do açude e no volume de água percolada a 72 cm de profundidade no solo, foram quantidades semelhantes às do aporte, indicando equilíbrio no sistema mata-solo.

INTRODUÇÃO

A ciclagem de nutrientes em florestas tropicais úmidas é

* Parte da Dissertação apresentada pelo primeiro autor ao Curso de Mestrado em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Trabalho apresentado no XXXI Congresso Nacional de Botânica, Ilhéus, BA., em janeiro de 1980.

essencial para sua manutenção. Apesar disso há pouca pesquisa sobre esse assunto no mundo (UNESCO/UNEP/FAO, 1978) e especialmente no Brasil.

Pesquisas sobre ciclagem de nutrientes minerais, vêm sendo realizadas pela equipe do Mestrado em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na mata de Dois Irmãos. Situada em Recife, Pernambuco, Brasil (Lat. 8°04'00"S e Long. 34°52'00" W. Gr.), a mata ocupa cerca de 373 ha, distribuídos numa área de relevo ondulado, com altitudes que variam de 30 a 90 m, em torno do Açude do Prata, um dos reservatórios de água do Recife. O clima da área segundo REIS (1970), é do tipo B-SA'a (megatérmico úmido) pelos critérios de Thornthwaite e Wather e o solo, do grupo Barreiras, é um Podzólico Amarelo distrófico, textura arenosa, com deficiência de nutrientes tão acentuada que as raízes concentram-se na camada de folhedo aderindo-se às folhas caídas e sugerindo uma ciclagem direta semelhante à proposta de STARK citado por GOLLEY et alii (1978). A mata foi classificada como Floresta Estacional Perenifolia Costeira (ANDRADE LIMA, 1961) e suas várias descrições florísticas e fisionômicas revisadas recentemente por PORTO (1982). Neste trabalho apresentamos uma primeira parte da pesquisa com dados sobre entrada de nutrientes no sistema solo-mata através da água de chuva, lavagem da cobertura vegetal pela chuva, percolação de água no solo e água do açude.

MATERIAL E MÉTODOS

Numa área da mata de aproximadamente 2 ha foram instalados, logo acima do nível do solo e ao acaso, treze pulviômetros sendo dez sob a cobertura vegetal e três em área descampada e na orla da mata. A quantidade de água foi medida em intervalos de quatorze dias ou após chuvas prolongadas e mais intensas. As coletas foram feitas de setembro de 1978 a setembro de 1979 e para efeito de cálculo dividiu-se o ano em quatro períodos: setembro, outubro e novembro (SON), dezembro, janeiro e fevereiro (DJV), março, abril e maio (MAM) e junho, julho e agosto (JJA). As concentrações de Ca, K, Mg e P foram determinadas em amostras de água coletadas nos meses de setembro e dezembro de 1978 e março e junho de 1979 e as quantidades de nutrientes calculadas multiplicando-se esses valores pelos de quantidades de água no período considerado. As coletas fo-

ram feitas continuamente durante nove meses; como nos outros três meses perderam-se algumas coletas, completaram-se os dados com os da Estação Curado do Departamento Nacional de Meteorologia, que dista aproximadamente 5 km da área em estudo e cujos índices pluviométricos para o resto do ano foram muito semelhantes aos obtidos na mata. Os dados das quantidades de água que atravessaram as copas foram completados com os da Estação Curado, multiplicando-se os valores destes pela proporção média entre chuva fora e sob as copas nas outras coletas do período. As quantidades de nutrientes lixiviados do solo foram determinadas recolhendo-se a água a 72 cm de profundidade em quatro lisímetros localizados ao acaso na área de 2 ha. Os lisímetros foram instalados cavando-se o solo vertical e depois lateralmente, colocando-se no orifício lateral um vaso plástico de 5 l, com a boca telada, tendo sobre a tela uma camada de 5 cm de seixos e a um dos cantos um cano de PVC rígido indo até a superfície para retirada da água por sucção, e fechando-se o orifício. A água percolada era retirada por sucção a intervalos de quatorze dias. Amostras de água coletadas em setembro e dezembro de 1978 e março e junho de 1979 foram analisadas. Também foram coletadas e analisadas amostras de água do açude que drena a área. Os dados de água percolada foram completados com os da Estação Curado, multiplicando-se estes pela proporção média entre água percolada e água de chuva das outras coletas do período.

As concentrações de K, Ca e Mg foram determinadas por espectrofotometria de emissão e absorção (Pye-Unicam SP-191) e as de P pelo método do molibdo-vanadato (PRATT & CHAPMAN, 1961). As concentrações de Fe, Zn, Mn e Cu em todas as amostras coletadas ficaram abaixo da capacidade de detecção do espectrofotômetro de absorção atômica. Os dados foram tratados estatisticamente através de análise de variância e a comparação das médias feitas pelo Teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Movimento da água

- A pluviosidade anual obtida na orla da mata foi 2260 mm,

com o período mais chuvoso entre março e agosto (tabela 1). A variação entre pluviômetros foi pequena, com coeficiente de apenas 4%. Um total de 1998 mm atravessou a cobertura vegetal, atingindo os pluviômetros ao nível do solo, correspondendo a 89% da pluviosidade no aberto (tabela 1). O alto coeficiente de variação entre pluviômetros (43%) era esperado, considerando-se que a folhagem tanto pode canalizar a água para dentro como para fora de alguns deles. Essa variabilidade explicaria maior coleta d'água sob a cobertura vegetal que fora dela, no mês de março, 250 e 206 mm, respectivamente.

A literatura registra uma ampla variação no percentual de chuva interceptada na folhagem, de 3% na Nigéria (HOPKINS, 1966) a 66% no Brasil (FREISE citado por GOLLEY et alii, 1978). Essa diversidade pode resultar das características da cobertura vegetal além da variação nas medições causada pelo pequeno número de pluviômetros e/ou por períodos de coleta curtos. Deixou-se de medir a água que escorre pelos troncos que segundo a revisão da UNESCO/UNEP/FAO (1978), em pesquisas em pelo menos seis países, foi apenas cerca de 1% do total da chuva mas que no caso de Porto Rico chegou até 18%. O valor de 11%, obtido na mata de Dois Irmãos, para interceptação mais escorrimto pelos troncos, situa-se na faixa mais registrada em áreas tropicais (UNESCO/UNEP/FAO, 1978).

Da pluviosidade total, 74% foram recolhidos nos lisímetros (tabela 1). A diferença entre a água recolhida ao nível do solo e a recolhida a 72 cm de profundidade, 333 mm, seria água perdida por escorrimento superficial ou água evapotranspiração. Não foi observado escorrimento em nenhuma ocasião e deveria ser pequeno num solo plano, arenoso e coberto por uma densa camada de folheto. A evapotranspiração, entretanto, pode ter sido maior que estes 333 mm, desde que as raízes absorvessem água abaixo de 72 cm de profundidade do solo. Na floresta amazônica SCHUBART et alii (1984) relataram que dos 2089 mm de chuva, 25,6% foram interceptados, 25,9% drenados e 48,5% transpirados.

Concentração de Nutrientes

As concentrações de nutrientes nas amostras analisadas foram maiores em dezembro, mês com pouca chuva, que nos outros meses, exceto para água do açude (tabela 2). Concentra-

Tabela 1 — Quantidades de água de chuva fora da cobertura vegetal (A) ao nível do solo sob a cobertura (B) e percolada a 72 cm de profundidade no solo (C), em quatro trimestre, de 1978 e 1979, na mata de Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil

Período (meses)	Quantidades (mm)		
	A	B	C
SON	365 (271)	325 (241)	256 (195)
DJF	227 (105)	195 (72)	125 (34)
MAM	680 (206)	597 (250)	504 (153)
JJA	988 (357)	881 (319)	753 (273)
TOTAL	2260 ± 90	1998 ± 859	1665 ± 666

Valores entre parênteses representam as quantidades coletadas nos meses de setembro, dezembro, março e junho.

ções de elementos na água de chuva mais baixas com precipitações mais intensas que com precipitações menos intensas tem sido observadas por outros autores (NYE, 1961) e são atribuídas à diluição dos elementos na atmosfera. As concentrações dos elementos na água que atravessou a cobertura vegetal foram sempre maiores que fora da cobertura por causa da lavagem dos elementos depositados na superfície das folhas (como poeira por exemplo) ou pela lixiviação da solução do apoplasto através dos estômatos e outras aberturas na epiderme foliar. Esta última explicação serve para o Mg e principalmente para o K, de concentração alta e baixa retenção no apoplasto, e cujas concentrações na água que atravessou as copas foram duas a doze vezes maiores que na água fora da cobertura vegetal. A primeira explicação serviria para o Ca e P, que não são facilmente lixiviáveis das folhas e cujas concentrações apenas duplicaram após a passagem da água pelas copas. De maneira geral as concentrações na água percolada a 72 cm de profundidade no solo foram maiores que na água que atingiu o solo depois de passar pelas copas. Isto implicaria numa lixiviação dos minerais do folheto ou do solo. Já as concentrações na água do açude foram semelhantes às da água de chuva.

As concentrações na água de chuva antes e depois de atravessar as copas foram semelhantes às encontrada na literatura (tabela 3), com exceção do P que atingiu valores mais altos. É possível que a proximidade de indústrias de fertilizantes na área seja responsável por este fato.

Tabela 2 — Concentrações de minerais na água de chuva fora da cobertura vegetal (A), ao nível do solo sob a cobertura vegetal (B), percolada a 72 cm de profundidades no solo (C) e no açude que drena a área (D), na mata de Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil.

Período	Concentração (mg. l ⁻¹)															
	Ca				K				Mg				P			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Setembro	1,9a	2,7b	2,5b	0,4b	1,0b	3,3b	11,4ab	1,3a	0,10b	0,2b	0,8b	0,14a	0,3b	0,4b	0,7b	0,5bc
Dezembro	2,2a	5,0a	9,6a	0,1c	4,6a	23,9a	16,9a	0,8b	0,87a	2,9a	3,9a	0,11a	2,1a	3,2a	2,1a	1,8a
Março	1,0b	2,3b	3,9b	1,0a	0,3b	3,7b	8,1ab	0,8b	0,04b	0,5b	0,7b	0,10a	0,3b	0,7b	2,9a	1,3ab
Junho	1,0b	1,5b	2,6b	1,2a	0,3b	0,8b	3,5b	0,7b	0,04b	0,1b	0,7b	0,13a	0,3b	0,4b	0,4b	0,3c

Valores na mesma coluna com letras iguais não diferem entre si, a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Tabela 3 — Concentrações de nutrientes na água de chuva em campo aberto e depois de atravessar a cobertura vegetal em áreas tropicais

Local	Concentração (mg. 1 ⁻¹)				
	Ca	K	Mg	P	Fonte
Em campo aberto					
Panamá	1,50	0,50	0,25	0,05	GOLLEY et alii (1978)
Nigéria	0,10	3,50	0,11	0,55	JONES (1960)
Gana	1,00	1,14	0,65	0,02	NYE (1961)
Austrália	0,28	0,20	0,54	—	ATTIWILL (1966)
Gâmbia (15 km da costa)	2,25	2,15	—	0,03	THORNTON (1965)
Gâmbia (130 km da costa)	0,50	1,15	—	0,01	THORNTON (1965)
Gâmbia (220 km da costa)	0,10	0,60	—	0,04	THORNTON (1965)
Sob a cobertura vegetal					
Panamá	2,50	3,20	0,62	0,04	GOLLEY et alii (1978)
Gana	3,30	17,00	1,90	0,28	NYE (1961)
Austrália	1,40	2,14	1,26	—	ATTIWILL (1966)

Quantidades de Nutrientes

Através da água de chuva entram anualmente no sistema mata-solo, cerca de 29, 19, 3 e 11 kg.ha⁻¹ de Ca, K, Mg e P, respectivamente (tabela 4). Com exceção do Ca, os maiores aportes ocorreram no período de menos chuva (DJF). Esse aporte de nutrientes deveria ser compensado por uma perda equivalente, supondo-se que o sistema está em equilíbrio. Entretanto, a água percolada a 72 cm de profundidade arrasta quantidades bem maiores de minerais, especialmente K. Isto sugeriria que o sistema não está em equilíbrio ou que os nutrientes arrastados até 72 cm não podem ser considerados fora do sistema. Quanto à

primeira hipótese, se as perdas até 72 cm fossem reais, haveria um rápido declínio das reservas do sistema que, breve não suportaria mais uma mata. Quanto à segunda hipótese, para que os minerais arrastados até 72 cm voltassem ao sistema ou teriam de ser absorvidos pelas raízes ou voltariam por ascensão capilar para a parte superficial. A ascensão capilar, neste solo arenoso, não parece muito provável mas a absorção pelas raízes pode ter ocorrido apesar de MAIA (1980) não ter encontrado quase nenhuma raiz a esta profundidade.

Um outro cálculo de perda foi feito, considerando-se as concentrações na água do açude como representativas para a água que drena do sistema mata-solo e considerando-se também que toda a água percolada até 72 cm de profundidade seria drenada para o açude. Esse cálculo serve como uma aproximação mas admite muitas suposições não comprovadas e deve superestimar as perdas do sistema por não considerar a possível transpiração de água drenada abaixo de 72 cm do solo. Os resultados desse cálculo (21, 14, 3 e 13 kg.ha⁻¹ para Ca, K, Mg e P, respectivamente) são valores bastante aproximados dos obtidos para aportes anuais de nutrientes na água de chuva. Considerando-se os possíveis erros devido às suposições envolvidas, os resultados estão de acordo com a hipótese de equilíbrio do sistema.

A diferença entre as quantidades de minerais na água do solo a 72 cm de profundidade e na água da chuva, deve-se em sua maior parte a nutrientes arrastados da cobertura vegetal, o que já foi observado por outros autores (tabela 5), mas também aos minerais arrastados do folheto e/ou do solo. Os dados de outras regiões são muito variáveis, com valores muito acima e muito abaixo dos encontrados em Dois Irmãos. As diferenças em tipo de vegetação e em pluviosidade explicariam parte da variação que também se deve às metodologias adotadas, tornando assim difícil uma comparação. Os valores de P estão definitivamente acima dos de outras regiões e devem-se às altas concentrações na água de chuva, já mencionadas. Valores do ano seguinte, no mesmo local e determinados de maneira idêntica, foram bem mais baixos que os aqui relatados, não se podendo explicar a diferença. A exceção do P, os outros valores aproximam-se dos relatados por GOLLEY et alii (1978), no Panamá, e estão bem acima dos obtidos na Amazônia (SCHUBART et alii, 1984).

Tabela 4. — Quantidades de nutrientes na água de chuva fora da cobertura vegetal (A), ao nível do solo sob a cobertura vegetal (B) e percolada a 72 cm de profundidade (C), na mata de Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil

Período	Quantidade (kg.ha ⁻¹)											
	Ca			K			Mg			P		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
SON	6,8ab	8,7a	6,4a	3,5b	10,8b	29,2a	0,36b	0,61b	2,1a	1,2b	1,3b	1,7b
DJF	5,1b	9,7a	14,6a	10,5a	46,7a	25,6a	1,98a	5,6a	5,9a	4,7a	6,2a	3,1b
MAN	7,1ab	13,7a	19,9a	2,2b	22,0ab	40,6a	0,18b	2,9ab	3,4a	2,1b	4,2ab	14,8a
JJA	10,4a	13,6a	19,9a	3,2b	7,0b	26,2a	0,53b	1,1b	3,6a	3,1ab	3,8ab	7,4ab
ANUAL	29,4	45,7	60,8	19,4	86,5	122,0	3,05	10,21	15,0	11,1	15,5	27,0

Valores na mesma coluna com letras iguais não diferem entre si, a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Tabela 5 — Aporte de nutrientes pela água de chuva (A) e quantidades de nutrientes arrastados das copas (B) em regiões tropicais

Local	Quantidade (kg.ha ⁻¹)								Fonte
	Ca		K		Mg		P		
	A	B	A	B	A	B	A	B	
Panamá	29	40	9	50	5	10	1,0	0,6	GOLLEY et alii (1978)
Porto Rico	34	37	—	—	26	4	—	—	GOLLEY et alii (1978)
Costa do Marfim	16	23	6	60	7	34	0,5	1,5	UNESCO/UNEP/FAO 1978
Costa do Marfim	—	31	—	170	—	41	—	9,5	UNESCO/UNEP/FAO 1978
Costa do Marfim	—	19	—	80	—	16	—	6,0	UNESCO/UNEP/FAO 1978
Gana	12	29	18	220	11	18	0,4	4,0	NYE (1961)
Malásia	14	15	13	4	3	2	—	—	UNESCO/UNEP/FAO 1978
Gâmbia	4	—	6	—	—	—	0,3	—	THORNTON (1965)
Gâmbia	3	—	5	—	—	—	0,2	—	THORNTON (1965)
Gâmbia	2	—	3	—	—	—	0,3	—	THORNTON (1965)
Nigéria	1	—	37	—	3	—	2,6	—	JONES (1960)
Austrália	—	6	—	11	—	2	—	0,3	ATTIWILL (1966)
São Paulo	—	—	2	126	—	—	2,3	8,1	MEGURO et alii (1978)

ABSTRACT

The water volumes or rainfall above the canopy, at soil level under the canopy and at 72 cm depth in the soil in Dois Irmãos forest, Recife-PE, were measured during one year. Concentrations of K, P, Ca and Mg in water samples collected at these points and at the water reservoir to which the whole area drains were also determined. Throughfall amounted to 88% of total rainfall (2260 mm) and 74% of the later percolated in the soil. In general, concentrations were higher during the dry season and they were higher in percolated water than throughfall water and in the later than in rain water. Concentrations of K and Mg increased three to ten times as water passed through the canopy while concentrations of P e Ca increased only one to two times. Annual inputs of nutrients through rainwater were 19, 11, 29 and 3 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ of K, P, Ca and Mg, respectively. Annual losses from the soil, estimated from reservoir water concentrations and volume of water percolated to 72 cm soil depth, were values similar to those rainwater inputs, indicating that the soil-forest system was at equilibrium.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — ANDRADE-LIMA, D. de. Tipos de florestas de Pernambuco. *Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros*, São Paulo, 12:69-86, 1961.
- 2 — ATTIWILL, P. M. The chemical composition of rainwater in relation to cycling of nutrients in mature eucalyptus forests. *Plant and Soil*, Baltimore, 24(33:390-407, 1966.
- 3 — GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUEWER, M. S. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1978. 256 p.
- 4 — HOPKINS, B. Vegetation of the Olokenfi forests reserve, Nigeria. *Journal of Ecology*, Oxford, 54:687-703, 1966.
- 5 — JONES, E. Contribution of rainwater to the nutrient economy of six Northern Nigeria forests. *Nature*, London, 188:432, 1960.
- 6 — MAIA, L. C. *Sucessão fúngica em folheto. Mata de Dois Irmãos — Recife*. Recife, 1980. 187 p. Dissertação de Mestrado em Botânica (Área de concentração: Sistemática e Evolução) — Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- 7 — MEGURO, M.; VINUZA, G. N.; DELLITTI, W. B. C. O papel da precipitação na importação e transferência do potássio e fósforo na mata secundária. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO, 2., Brasília, 1978. *Resumos dos trabalhos do 2., Congresso Latino Americano e 29. Congresso de Botânica*. Brasília, Sociedade Botânica do Brasil, 1978. p. 369.

- 8 — NYE, P. H. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant and Soil*, Baltimore, 13(4):333-45, 1961.
- 9 — PÔRTO, K. C. *Myxomycetos da mata de Dois Irmãos. (Recife - Pernambuco)*. Recife, 1982. 369 p. Dissertação de Mestrado em Botânica (Área de concentração: Florística) — Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- 10 — PRATT, P. F. & CHAPMAN, H. D. *Methods of analysis for soils, plant and water*. California, University of California, Division of Agricultural Science, 1961. 309 p.
- 11 — REIS, A. C. S. *Contribuição ao estudo do clima de Pernambuco*. Recife, CONDEPE, 1970. p. 10-20. (Cadernos do CONDEPE. Agricultura, 1).
- 12 — SCHUBART, H. O. R.; FRANKEN, W.; LUIZÃO, F. J. Uma floresta sobre solos pobres. *Ciências Hoje*, Rio de Janeiro, 2(11):26-32, maio/abr. 1984.
- 13 — THORNTON, I. Nutrient content of rainwater in the Gambia. *Nature*, London, 205:1205, 1965.
- 14 — UNESCO/UNEP/FAO. *Tropical forest ecosystems. A state of knowledge report prepared*. Paris, UNESCO, 1978. cap. 10, p. 234-48.

Recebido para publicação em 18 de março de 1986.