

# O Papel da Chuva no Fornecimento e Reciclagem de Nutrientes num Agrossistema de Cacau do Sul da Bahia, Brasil<sup>1</sup>

A.C. da Gama\*; R.A. Calheiros\*

## ABSTRACT

The importance of rainfall as source and factor in the nutrient redistribution were evaluated in a plantation of "Catongo" cacaos shaded by *Erythrina fusca* in Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) soil (characteristic Tropudalf), during a period of twelve months. The water regim was studied in four compartments: incident precipitation, under shade trees precipitation, *throughfall* and *stemflow*. The incident precipitation contributed as 5.74, 3.18, 5.73, 25.58, 19.88, 0.25, 0.59 e 2.88 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> of Ca, Mg, K, Na, N, P, Cu and Zn, respectively. Under shade trees precipitation contributed as 17.00, 6.50, 19.52, 32.30, 20.71, 1.90, 1.23 and 9.50 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> of Ca, Mg, K, Na, N, P, Cu and Zn, respectively. Cacao *throughfall* contributed as 22.10, 12.07, 34.48, 32.30, 18.05, 2.73, 1.02 and 4.35 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> of Ca, Mg, K, Na, N, P, Cu and Zn, respectively. Cacao *stemflow* contributed approachment as 0.41, 0.30, 0.98, 0.40, 0.38, 0.07, 0.03 and 0.07 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> of Ca, Mg, K, Na, N, P, Cu and Zn, respectively.

## RESUMO

A importância da precipitação pluvial como fonte e fator de redistribuição de nutrientes foi avaliada numa plantação de cacaueiros Catongo sombreado com *Erythrina fusca*, em solo Typic Tropudalf, durante doze meses. O regime hídrico foi estudado em quatro compartimentos: precipitação incidente, precipitação abaixo da eritrina, *throughfall* e *stemflow* do cacau. A precipitação incidente contribuiu com 5.74, 3.18, 5.73, 25.58, 19.88, 0.25, 0.59 e 2.88 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Ca, Mg, K, Na, N, P, Cu e Zn respectivamente. A precipitação abaixo da eritrina contribuiu com 17.00, 6.50, 19.52; 32.30; 20.71; 1.90; 1.23 e 9.50 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Ca, Mg, K, Na, N, P, Cu e Zn, respectivamente. O *throughfall* do cacau contribuiu com 22.10, 12.07, 34.48, 32.30, 18.05, 2.73, 1.02 e 4.35 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Ca, Mg, K, Na, N, P, Cu e Zn, respectivamente. O *stemflow* do cacau contribuiu aproximadamente com 0.41, 0.30, 0.98, 0.40, 0.38, 0.07, 0.03 e 0.07 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Ca, Mg, K, Na, N, P, Cu e Zn, respectivamente.

## INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é uma fonte de nutrientes relativamente importante às plantas num ecossistema florestal (24). A chuva também contribui na reciclagem de nutrientes através da remoção de minerais oriundos das folhas, ramos, frutos e musgos (8). Essa reciclagem se faz através das gotas que penetram diretamente pelos espaços no interior das copas (*throughfall*) e pelo escoamento superficial ao longo de tronco (*stemflow*). O *throughfall* e o *stemflow* são, portanto, importantes compartimentos na dinâmica interna de nutrientes num ecossistema florestal (24), onde os nutrientes estão dissolvidos e prontamente disponíveis para serem reabsorvidos pelas raízes (28).

A intensidade, a distribuição e o volume de precipitação influem na quantidade de nutrientes a serem incorporados ao solo via precipitação incidente, *throughfall* e *stemflow* (2, 13, 3). Em estudos de modelagem de transferência de nutrientes, Fassbender (9) enfatiza a importância de se caracterizar o ciclo hidrológico dos ecossistemas florestais dos trópicos.

Miranda (20, 21) avaliando o regime hídrico de um agrossistema de cacau (*Theobroma cacao* L.) sombreado parcialmente com *Erythrina fusca* encontrou que do total precipitado, em média, 83% chegaram ao solo via *throughfall* e 2% via *stemflow*, e que as perdas sazonais de água de chuva por interceptação variam em função de eventos fenológicos e fatores climáticos dependendo do período do ano e o manejo implementado. O *throughfall*, individualmente, é responsável pela grande variação da quantidade de nutrientes incorporados ao solo num agrossistema de cacau (4, 16, 26). A influência do *throughfall* proveniente do dossel das árvores de sombra, especialmente a *E. fusca*, sobre a quantidade de nutrientes removidos da planta de cacau via *throughfall* e *stemflow* não foi ainda devidamente estudado.

1 Recebido para publicação em 16 de janeiro de 1990  
Agradecimentos aos Drs. Luiz Ferreira da Silva, Paulo de Tarso Alvim, Raul René Valle e Antônio Avílio Franco, pela ajuda na revisão e sugestões apresentadas na elaboração do presente trabalho.

\* Centro de Pesquisas de Cacau CEPEC/CEPLAC, Itabuna, Bahia, Brasil.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os compartimentos do ciclo hidrológico de um agrossistema de cacau-eritrina como fontes adicionais de nutrientes para o solo e, conseqüentemente, para a planta de cacau.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Em área experimental constituída de 0.5 ha, ocupada por cacaueiros Catongo da 10 anos de idade, plantados em espaçamento 3 m x 3 m, em solo Typic Tropudalf, e parcialmente sombreados com *E. fusca* em espaçamento 24 m x 24 m, foram quantificados por 1 ano (Jun/87 a Jun/88) e analisados os nutrientes da vegetação removidos através da chuva.

#### Caracterização do ciclo hidrológico

No agrossistema de cacau (Fig 1), foram feitas coletas semanais do total de chuva precipitada sobre as árvores de sombra, da chuva abaixo da copa de eritrina, do total precipitado que atinge o solo através de folhagem (i.e. *throughfall*) e do escoamento superficial a longo do tronco (i.e. *stemflow*).

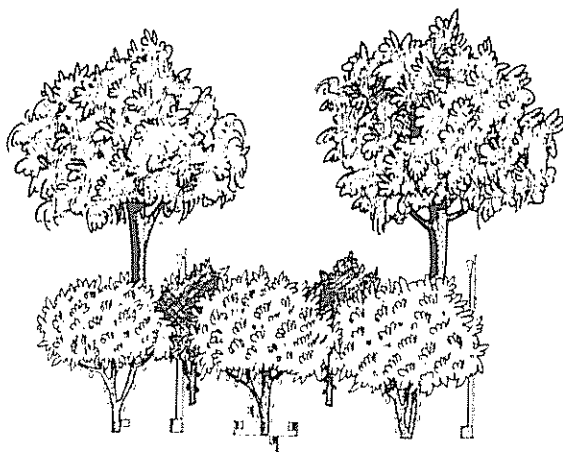


Fig 1. Distribuição de pluviômetros no agrossistema cacau-eritrina.

A chuva incidindo sobre o agrossistema, foi medida na estação agroclimatológica do CEPEC, distante 200 m da área experimental.

O total precipitado que chega acima da copa do cacaueiro, foi coletado por um conjunto de funis PVC (12.7 cm de diâmetro) instalados aproximadamente 80 cm acima da copa, distribuídos aleatoriamente sob a projeção da copa de 10 árvores de eritrina.

Sob a copa de dois cacaueiros, distribuíram-se 4 pluviômetros de PVC (19) posicionados ortogonalmente a uma distância fixa de 90 cm do tronco e 70 cm acima da superfície do solo. Na amostragem do *throughfall* o reposicionamento semanal dos pluviômetros foi aleatório, a fim de observar as variações causadas pela distorção irregular da cobertura foliar no interior do agrossistema apontadas por Miranda (21).

Na quantidade da chuva percolada pelo tronco (i.e. *stemflow*), usou-se coletores fixados com uma espiral ao redor do tronco de 10 cacaueiros. O contato tronco-coletor e canaleta interna de escoamento do coletor, foram ambas vedadas e recobertas por massa plástica à base de polietileno. A água coletada foi recolhida em vasos plásticos.

Após aferição do volume de água uma sub-amostra foi recolhida e filtrada para a determinação de N-total pelo método de Kjeldahl, do P por colorimetria, do K e Na por fotômetro de chama, do Ca, Mg, Cu e Zn por espectrofotômetro de absorção atômica (25).

Em todos os recipientes coletores da água de chuva foram colocadas 10 gotas de tolueno, antes de cada coleta, para reduzir o desenvolvimento de microorganismos.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### Ciclo hidrológico

A análise do regime pluvial na área experimental, baseada na precipitação incidente, durante os últimos 15 anos, mostra que a precipitação média para o local foi em torno de 1800 mm, com desvio padrão de 338 mm. O regime pluvial anual se caracterizou por chuvas intermitentes ao longo do ano, apresentando pequenas máximas em fevereiro e junho e mínimas em agosto e dezembro para o número de dias com chuvas (18). Os totais mensais de chuva são variáveis ano a ano. Cada mês, independentemente do período do ano pode, ocasionalmente, apresentar fortes desvios positivos e negativos em relação aos valores médios mensais.

Na Quadro 1 são apresentados os resultados da precipitação incidente, precipitação abaixo de eritrina, *throughfall* e *stemflow* e perdas por interceptação em cada compartimento que compõe a fitomassa do agrossistema de cacau. A precipitação incidente, se caracteriza pela inerente variabilidade espacial e temporal. Sob as copas, as variações de ponto contribuem para a distribuição irregular da chuva (20).

Quadro 1. Quantidade da precipitação de diferentes compartimentos do ciclo hidrológico do agrossistema cacau - eritrina.

Tipo de precipitação	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez. (mm)	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Total do ano
Precipitação incidente	137.6	13.5	118.4	43.6	100.9	288.6	130.0	37.0	247.0	91.1	133.0	44.4	1 385.1
Precipitação abaixo da eritrina	121.1	11.9	104.2	38.4	88.8	254.0	114.3	32.5	217.4	80.2	117.0	39.1	1 218.9
<i>Throughfall</i>	105.3	9.9	81.2	27.9	77.4	220.6	102.3	29.2	182.6	68.4	100.1	34.0	1 038.9
<i>Stemflow</i>	1.2	0.2	1.0	0.7	0.9	2.5	1.1	0.3	2.2	0.8	1.3	0.4	12.6
Diferença <sup>1</sup>	-16.5	-1.6	-14.2	-5.2	-12.1	-34.6	-15.7	-4.5	-29.6	-10.9	-16.0	-5.3	-166.2
Diferença <sup>2</sup>	-14.6	-1.8	-22.0	-9.8	-10.5	-30.9	-10.9	-3.0	-32.6	-11.0	-15.6	-4.7	-167.4

1 (Precipitação abaixo do eritrina) - (Precipitação incidente)

2 (*Throughfall* + *stemflow*) - (Precipitação abaixo da eritrina).

Influências temporais, que se manifestam principalmente através das alterações estacionais na cobertura foliar e, nas variações meteorológicas (intensidades, duração e recorrência das precipitações) representam possíveis variações sazonais das perdas por interceptação (21). Nas árvores de sombra, os valores médios mensais interceptados foram similares, ficando em torno de 12%. Entretanto, o cacau apresentou índices diferenciados de retenção pluviométrica, tendo, em média, o *throughfall* contribuído com cerca de 85% da precipitação sob a copa, enquanto que o *stemflow* apresentou valores em torno de 1% (Quadro 1).

## Ciclo de nutrientes

### Precipitação incidente

A concentração média mensal dos nutrientes está apresentada nas Figuras 2a e 3a. As concentrações de Ca, K, Na, Cu e Zn tiveram uma alta variação durante o período experimental, enquanto que a concentração de Mg foi relativamente constante no período de dezembro a abril. A concentração de N foi também relativamente constante no período de setembro a novembro, havendo no mês de julho uma concentração de 3.36 mg/l e nos meses de agosto e junho valores de

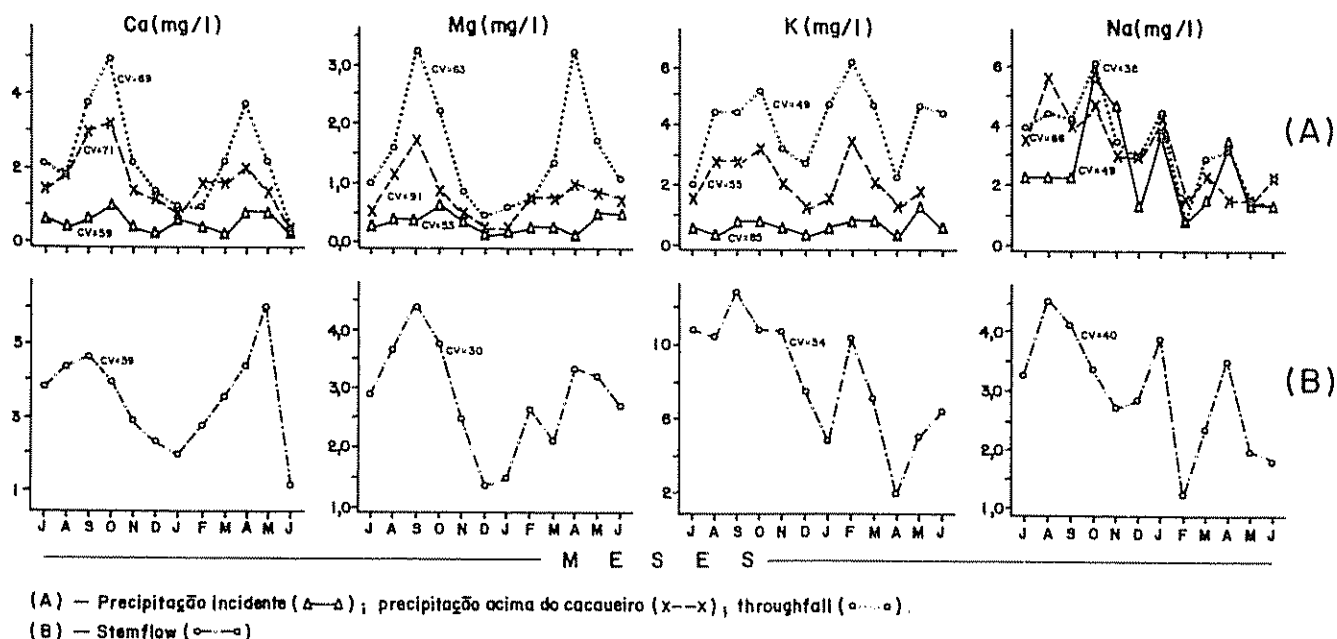


Fig. 2 Concentração média mensal de Ca, Mg, K e Na de diferentes compartimentos de ciclo hidrológico do agrossistema cacau-eritrina.

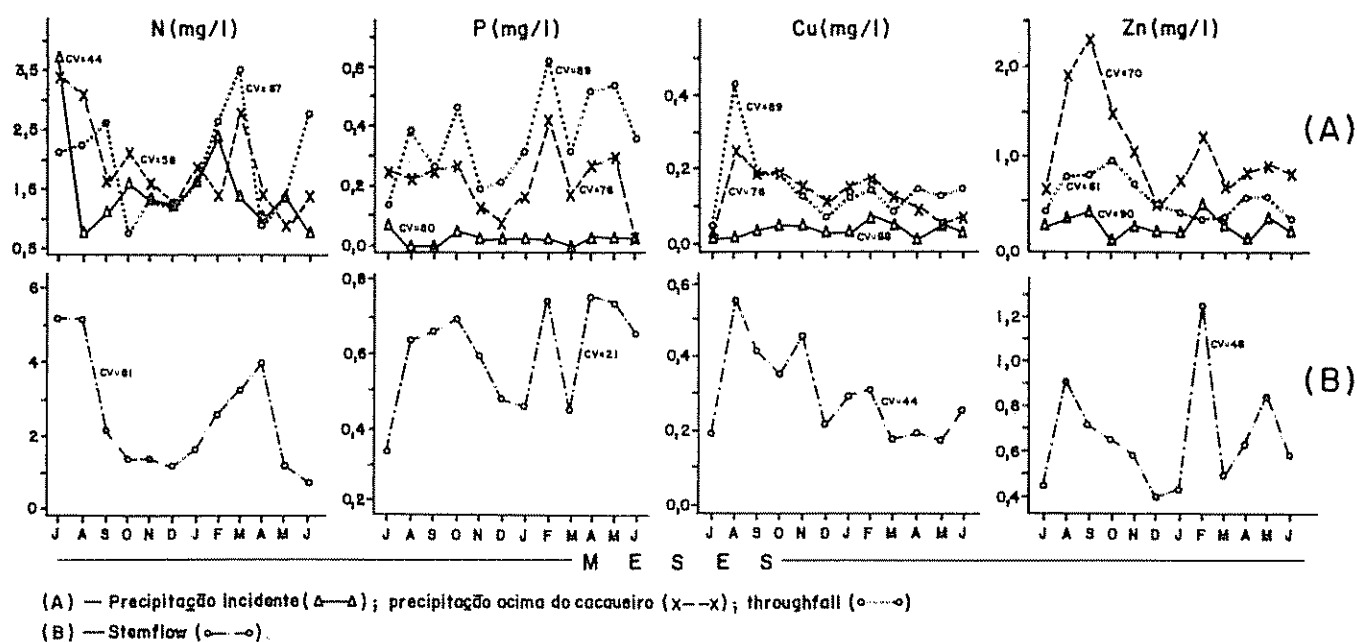


Fig. 3. Concentração média mensal de N, P, Cu e Zn de diferentes compartimentos de ciclo hidrológico de agrossistema cacau-eritrina.

0.77 e 0.70 mg/l, respectivamente. A concentração de P teve alta variação no período de julho a dezembro, ficando constante a partir de janeiro.

#### Precipitação abaixo de eritrina

As maiores concentrações de Ca ocorreram nos meses de setembro e outubro, com decréscimo no período de novembro a janeiro a um novo acréscimo no período de fevereiro a abril (Fig 2a). A concentração de K foi alta nos meses de outubro e fevereiro, havendo um decréscimo entre esses dois meses. A maior concentração de Mg ocorreu em setembro, com decréscimo no período de outubro a janeiro e um novo acréscimo no período de fevereiro a junho. A concentração de Na, com exceção em agosto que foi de 6.36 mg/l, pode ser dividida em dois períodos: de julho a janeiro e de fevereiro a junho, com concentrações médias de 3.76 mg/l e 1.74 mg/l, respectivamente. Nos meses de julho, agosto e março ocorreram as maiores concentrações de N e no período de setembro a fevereiro a sua taxa de variação foi pequena, com uma concentração média de 1.64 mg/l (Fig 3a). A variação da concentração de P foi pequena no período de julho a outubro e alta nos meses subsequentes, com um pico em fevereiro. As menores e as maiores concentrações de Cu (0.04 e 0.25 mg/l) ocorreram em julho e agosto, de outubro a junho ocorreu um decréscimo contínuo da sua concentração. Houve uma alta variação da concentração de Zn, com dois picos de incrementos da sua concentração nos meses de setembro e fevereiro.

De um modo geral, as maiores taxas de remoção de nutrientes pela água de chuva indicam uma certa relação com a queda de folhas de *Erythrina fusca*, que ocorre durante todo o ano (26). Os picos de maior abscisão coincidem com finais de períodos secos (26). No presente estudo, os meses em que ocorreram os menores índices pluviométricos foram agosto e fevereiro (Quadro 1).

#### Throughfall

As variações das concentrações dos nutrientes se relacionam, de certa maneira, com os períodos de lançamento foliar do cacauzeiro (1), com picos de maior lançamento foliar nos períodos de setembro a outubro e de fevereiro a março (Figs. 2a e 3a). Esse comportamento não ocorreu para o Cu que apresentou em agosto a sua maior concentração (0.55 mg/l), com decréscimo nos meses subsequentes.

A relação encontrada entre a remoção dos nutrientes pela água de chuva e a queda de folhas de *E. fusca* e do cacauzeiro, se deve ao fato de que as folhas maduras próximas ao estágio de senescência são muito mais susceptíveis a lixiviação do que as folhas jovens (28). Algumas características de folha se alteram com a idade, concorrendo para uma maior taxa de remoção dos nutrientes. Folhas jovens são hidrofóbicas e são umedecidas com mais dificuldades do que as folhas maduras (28). As folhas do cacauzeiro são umedecidas e mais susceptíveis a lixiviação quando desprovidas da presença de uma espessa e contínua camada de cutícula (28).

### Stemflow

A variação das concentrações de todos os nutrientes foi alta (Figs. 2b e 3b). Contudo, houve períodos em que essa variação foi relativamente pequena, especialmente no período de agosto a outubro, onde de um modo geral, ocorreram as maiores concentrações. No período de fevereiro a maio, de acordo com cada nutriente, houve um pico de incremento das concentrações.

O *stemflow*, provavelmente, sofreu a influência dos fluxos provenientes da precipitação abaixo de eritrina e do *throughfall*, visto que a variação das concentrações dos nutrientes do *stemflow* durante o período experimental foi, de certa maneira, semelhante ao ocorrido naqueles dois compartimentos (Figs. 2 e 3). Em razão disso a composição química inicial do *stemflow* é muito difícil de se determinar, pois depende de como a água atravessa o dossel antes de pertencer ao próprio *stemflow*. Thomas (27) amostrando *stemflow* em "Dogwood" encontrou que após a abscisão foliar a concentração de  $^{45}\text{Ca}$  foi mais baixa do que quando as árvores estavam com folhagem. Isto indica que a lixiviação da casca provavelmente não contribui tanto para a composição química do *stemflow* quanto a lixiviação foliar. Carlisle *et al.* (6) encontraram correlações altamente significativas das concentrações de diversos nutrientes entre o *stemflow* e o *throughfall*, concluindo que a composição química de *throughfall*, ou alguns fatores que influenciam nessa composição, influencia as concentrações do *stemflow*.

No presente estudo, as correlações das concentrações dos nutrientes entre o *stemflow* e o *throughfall*, assim como entre o *stemflow* e a precipitação abaixo da eritrina estão apresentados na Quadro 2. Consta-se que parte de composição do *stemflow* foi, provavelmente, influenciada simultaneamente pelos fluxos provenientes de precipitação abaixo da eritrina e do *throughfall*, especialmente para o Ca,

Mg, Na e Cu, que apresentaram correlações significativas e altamente significativas. As concentrações de K e N no *stemflow* foram significativas e altamente significativas, respectivamente, somente na relação como a precipitação abaixo da eritrina, e a concentração de P foi altamente significativa apenas na relação como o *throughfall*. Contudo não houve significância nas correlações entre a concentração de Zn do *stemflow* com as concentrações da precipitação abaixo da eritrina e o *throughfall*.

Houve um incremento de concentração média anual dos nutrientes provenientes de precipitação incidente ao passar pelos outros compartimentos que compõem o ciclo hidrológico do agrossistema de cacau (Quadro 3 e Figs. 2a e 3a). Na precipitação incidente as concentrações dos nutrientes em ordem decrescente foi de Na N K Ca Mg Zn Cu P (Quadro 3). O Zn teve uma concentração muito alta em relação ao Cu. A alta concentração de Na indica que a atmosfera sobre a área do Centro de Pesquisas do Cacau sofre forte influência de massas de ar de origem oceânica. Os valores das concentrações de Na na precipitação incidente de regiões próximas a zonas marítimas pode variar de 1.71 a 4.84 mg/l (2.5).

Na Quadro 4, a razão de Na e de outros nutrientes na precipitação incidente são comparados com as razões desses nutrientes na água do mar. A razão Mg/Na da precipitação incidente no CEPEC (0.124) foi igual ao da água do mar (0.120), sugerindo que a principal fonte de Mg é originada de materiais salinos. Diversos estudos demonstram que a água do mar seria a principal fonte de Mg na precipitação incidente (2, 17, 24). As razões de K/Na (0,224) e de P/Na (0.009) foram muito maiores do que as da água do mar, indicando que essa não seria a principal fonte desses nutrientes. Isso, provavelmente, seria devido a presença aerossóis e partículas em suspensão. Resultados similares foram encontrados por Carlisle *et al.* (5).

Quadro 2. Correlação da concentração de nutrientes do *stemflow* em relação a precipitação abaixo de eritrina e ao *throughfall* do agrossistema cacau - eritrina.

	Ca	Mg	K	Na	N	P	Cu	Zn
Precipitação abaixo da eritrina	0.60*	0.86**	0.66*	0.78**	0.76**	0.42 ns	0.87**	0.49 ns
<i>Throughfall</i>	0.61*	0.82**	0.18 ns	0.80**	0.21 ns	0.81**	0.78**	0.13 ns

ns - não significativo.

\* - significativo a nível de 5%.

\*\* - significativo a nível de 1%.

**Quadro 3.** Concentração média anual de nutrientes em diferentes compartimentos do ciclo hidrológico do agrossistema cacau - eritrina.

	Ca	Mg	K	Na	N	P	Cu	Zn
	mg/l							
Precipitação incidente	0.51	0.33	0.57	2.54	1.53	0.01	0.04	0.23
Precipitação abaixo da eritrina	1.64	0.78	2.00	3.08	1.90	0.20	0.13	1.10
<i>Throughfall</i>	2.23	1.51	4.11	3.40	1.92	0.36	0.15	0.56
<i>Stemflow</i>	3.48	2.84	8.29	2.98	2.47	0.60	0.20	0.67

**Quadro 4.** Razão de nutrientes na precipitação incidente e na água do mar.

Razão	Precipitação incidente (CEPEC)	Água do mar (5)
Ca/Na	0.224	0.039
Mg/Na	0.124	0.120
K/Na	0.224	0.036
P/Na	0.009	0.000005

As concentrações dos nutrientes na precipitação abaixo da eritrina variou no ordem de Na K N Ca Zn Mg P Cu; de K Na Ca N Mg Zn P Cu para o *throughfall* e de K Ca Na Mg N Zn P Cu para o *stemflow* (Quadro 3). Esses resultados mostram que houveram variações na remoção de nutrientes de um compartimento para outro. Na Quadro 5, observa-se

que, em termos médios, os nutrientes que tiveram os mais baixos incrementos da precipitação incidente para a precipitação abaixo da eritrina foram o Na (21%), N (24%) e Mg (58%), enquanto que o P teve incrementos elevadíssimos (1900%). Da precipitação abaixo da eritrina para o *throughfall* o nutriente que teve o incremento mais alto foi o K (105%). O mesmo ocorreu na precipitação abaixo de eritrina e/ou do *throughfall* para o *stemflow*. Em razão desses resultados o K foi o nutriente de maior mobilidade no agrossistema de cacau. O dossel de *E. fusca* apresentou maior capacidades de liberação de Ca do que Mg, no entanto comportamento inverso ocorreu em relação ao dossel do cacauceiro (Quadro 5).

O dossel da *E. fusca* e do cacauceiro apresentaram alta capacidade de liberação de P, enquanto que o mesmo não ocorreu para o Cu, onde somente o dossel da *E. fusca* apresentou alta capacidade de liberação do nutriente (Quadro 5). Em relação ao Zn, o fato de ter ocorrido um incremento negativo no *throughfall* indica que, provavelmente, ocorreu absorção do nutriente

**Quadro 5.** Incremento percentual de nutrientes da precipitação incidente (PI) para a precipitação abaixo da eritrina (PA), da precipitação abaixo da eritrina para o *throughfall* (Th) e para o *stemflow* (ST) e do *throughfall* para o *stemflow* do agrossistema cacau - eritrina.

	Ca	Mg	K	Na	%	N	P	Cu	Zn
PI - PA	221	58	250	21		24	1 900	225	378
PA - TH	36	93	105	10		1	80	15	-49
PA - ST	112	264	314	-3		30	200	123	-39
TH - ST	56	88	102	-12		29	67	93	20

pelas folhas do cacauzeiro (Quadro 5). Resultados similares foram relatados em outras espécies arbóreas (28, 30). Contudo, a absorção pode ser devido a presença de uma microflora sobre a superfície das folhas e ramos (6, 15).

Apesar da *E. fusca* ser uma planta leguminosa, o seu dossel apresentou uma baixa capacidade de liberação de N, e o dossel do cacauzeiro praticamente não proporcionou nenhuma liberação do nutriente (Quadro 5). Resultados similares foram encontrados por Leite e Valle (16) em agrossistemas de cacau, com e sem sobreamento, tendo sido observado efeito de sazonalidade. O N na sua forma inorgânica ou orgânica não é facilmente removido das folhas pela água de chuva (8, 24), sendo que com frequência pode ocorrer a sua absorção pelas folhas (5, 29). Os incrementos de Na proporcionados pelo dossel de *E. fusca* e do cacauzeiro foram muito baixos, devido a que a principal fonte, na região do presente estudo, seria de origem oceânica. Portanto, em regiões próximas a zonas marítimas, mais de 90% do Na removido do dossel das árvores seria proveniente da deposição seca de sais sódicos (24).

Com exceção para as concentrações de Na e Zn, o *stemflow* apresentou as maiores concentrações de nutrientes em relação aos outros compartimentos do ciclo hidrológico de cacauzeiro (Quadro 3). Diversos estudos demonstram que o compartimento do ciclo hidrológico de ecossistema florestal que possui as maiores concentrações de nutrientes é o *stemflow* (6, 8, 29). A sua contribuição, em termos de quantidade total de nutrientes que chegam ao solo, foi pequena no presente estudo (Quadro 6). Provavelmente isto é devido a que somente 1% da precipitação total que passa através do dossel do cacauzeiro foi na forma de *stemflow*. Todavia, o *stemflow* pode ser muito importante porque ele é depositado em uma pequena área ao redor da base do tronco. A alta concentração de nutrientes e de material orgânico no *stemflow* proporciona significativas alterações nas propriedades morfológicas, físicas e químicas do solo (11, 12). A quantidade de *stemflow* e a sua composição química está relacionada com algumas características do tronco. A casca lis proporciona maior *stemflow* e menor concentração de nutrientes do que a casca rugosa (22, 13), assim como o menor diâmetro do tronco (14) e a maior inclinação dos ramos (22). No caso de cacauzeiro a presença no tronco de almofada floral e frutos, e eventualmente de líquens e musgos, contribuiriam para aumentar substancialmente a concentração de nutrientes no *stemflow*.

Num ecossistema florestal o fluxo de nutrientes na água de chuva está relacionado como a quantidade precipitada. Contudo, há importantes diferenças entre

a concentração de nutrientes e a quantidade de água: são fluxos de nutrientes são muito variáveis e não podem ser obtidos diretamente do regime hídrico (24). Portanto, o fluxo de nutrientes removidos pela precipitação dependerá dos seus teores nos tecidos da planta, da fenologia e da sazonalidade.

No Quadro 6, observa-se que, apesar das perdas por interceptação, o *throughfall* foi o compartimento que teve as maiores quantidades de nutrientes, com exceção para o N, Cu e Zn. Para todos os nutrientes, o *throughfall* correspondeu, em média, a 98% da quantidade total (*throughfall* + *stemflow*) a serem incorporados no solo. As quantidades de K, em termos líquidos, foram maiores do que a dos outros nutrientes, tanto para a precipitação abaixo da eritrina quanto para o *throughfall* + *stemflow* (Quadro 6).

As quantidades de nutrientes incorporados ao solo via *throughfall* no presente estudo foram similares ao encontrado por outros autores em agrossistemas de cacau de Bahia, sombreados parcialmente com *E. fusca*. As quantidades de Ca, Mg e K encontrados por Santana e Cabala (20) são da ordem de 18, 22, 21 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. No entanto, Leite e Valle (16) encontraram para esses nutrientes valores da ordem de 41, 21, e 55 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Enquanto que em cacauzeiros não sombreados as quantidades de Ca, Mg e K são da ordem de 49, 29 e 150 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (16), respectivamente. As quantidades desses nutrientes encontrados por Boyer (4) em plantação de cacau parcialmente sombreados em Camarões (África), são bem superiores as registradas no presente estudo.

Esses resultados demonstram que as características da precipitação do período de amostragem e o sistema de manejo utilizado numa plantação de cacau (com ou sem sombra) influem nas quantidades de nutrientes removidos pela água de chuva.

Além disso, constata-se que o K é o nutriente que apresenta a maior mobilidade num agrossistema de cacau. Fassbender *et al.* (10) demonstram que o K, seguramente, é o fator limitante natural de eficiência do cultivo de cacau. Em ecossistemas florestais de clima tropical e temperado o K, normalmente, é o nutriente de maior mobilidade (7, 8, 23).

A presença de nutrientes na água via *throughfall* e *stemflow* (Quadro 6), independentemente de acréscimos líquidos, aumentaria substancialmente a disponibilidade dos nutrientes no solo, e que poderiam, então, ser reabsorvidos pelas raízes do cacauzeiro. Desde que não haja perdas consideráveis por lixiviação. Concomitante a isso, em condições ambientais (solo e clima) idênticas ao do presente estudo, Santana e Cabala (26) demonstraram que na produção

Quadro 6. Conteúdo total de nutrientes de diferentes compartimentos do ciclo hidrológico do agrossistema cacau - eritrina.

Tipo precipitação	Ca	Mg	K	Na	N	P	Cu	Zn
(kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )								
Precipitação incidente	5.74	3.18	5.73	25.58	19.88	0.25	0.59	2.88
Precipitação abaixo da eritrina	17.00	6.50	19.52	32.30	20.71	1.90	1.23	9.50
<i>Throughfall</i>	22.10	12.07	34.38	32.30	18.05	2.73	1.02	4.35
<i>Stemflow</i>	0.41	0.30	0.98	0.40	0.38	0.07	0.03	0.07
Remoção líquida <sup>1</sup>	5.10	3.32	13.79	6.72	0.83	1.65	0.64	6.62
Remoção líquida <sup>2</sup>	5.51	5.87	15.94	0.34	-2.28	0.90	-0.18	-5.08

- 1 (Precipitação abaixo da eritrina) - (Precipitação incidente).  
 2 (*Throughfall* + *stemflow*) - (Precipitação abaixo da eritrina).

1000 kg ha<sup>-1</sup> de sementes secas as quantidades de N, P, K, Ca e Mg removidas não foram significativas em relação aos ingressos de nutrientes, mesmo se forem consideradas as perdas por lixiviação que foram desprezíveis. Outrossim, a capacidades desse tipo de agrossistema em proporcionar relevantes perdas de água de chuva por interceptação (Quadro 1), minimizaria os efeitos da drenagem profunda.

### CONCLUSÕES

A metodologia aplicada na tomada das amostras de água via *throughfall* e *stemflow* do cacauceiro se mostrou adequada, pois os resultados obtidos corroboraram os estudos já realizados sobre a caracterização do ciclo hidrológico de agrossistema de cacau - eritrina do Sul de Bahia.

O *throughfall* e *stemflow* seriam importantes fontes adicionais de nutrientes para o solo e, conseqüentemente, para a planta de cacau, considerando para esse tipo de agrossistema as baixas quantidades de nutrientes exportados com a produção de sementes e as pequenas perdas por lixiviação. A estratégia de fertilização, portanto, se deve basear á adição de elementos apenas em doses de manutenção.

### LITERATURA CITADA

- ALVIM, P. DE I.; MACHADO, A. D.; VELLO, F. 1974. Physiological response of cacao to environmental factors. *Revista Theobroma (Bra.)* 4:3-25.
- ATTIWILL, P.M. 1966. The chemical composition of rain-water in relation to recycling of nutrients in a mature eucalyptos forest. *Plant and Soil* 24:390-406.
- BERNHARD-REVERSAT, F. 1975. Nutrients in *throughfall* and their quantitative importance in rain forest mineral cycles. In *Tropical ecological systems: Trends in terrestrial and aquatic research*. F.B. Golley, E. Medina (Eds.). New York, Springer. p. 153-159.
- BOYER, J. 1973. Cycles de la matière organique et des éléments minéraux dans une cacaoyère camerounaise. *Café Cacao Thé* 17:3-24.
- CARLISLE, A., BROWN, A.H.F.; WHITE, E.J. 1966. The organic matter and nutrient elements in the precipitation beneath a sessile oak (*Quercus petraea*) canopy. *Journal of Ecology* 54:87-98.
- CARLISLE, A., BROWN, A.H.F.; WHITE, E.J. 1967. The nutrient content of trees stem flow and ground flora litter and leachates in a sessile (*Quercus petraea*) woodland. *Journal of Ecology* 55:615-627.
- CHAPIN, F.S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11:233-260.
- EATON, J.S., LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H. 1973. *Throughfall* and *stemflow* chemistry in a northern hardwood forest. *Journal of Ecology* 61:459-508.
- FASSBENDER, H.W. 1985. Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em ecossistemas florestais dos trópicos. In *Simpósio sobre Reciclagem de Nutrientes e Agricultura de Baixos Insumos nos Trópicos (1984, Ilhéus, BA, Bra.) Anais Ilhéus, CEPLAC*. p. 203-230.
- FASSBENDER, H.W.; ALPIZAR, L.; HEUVELDOP, J.; ENRIQUE, G.; FOLSTER, H. 1985. Ciclos de matéria orgânica e dos nutrientes em agrossistemas com cacauceiros. In *Simpósio sobre Reciclagem de Nutrientes e Agricultura de Baixos Insumos nos Trópicos (1984, Ilhéus, BA, Bra.) Anais Ilhéus, CEPLAC*. p. 231-257.



11. GESPER, P.L.; HOLOWAYCHUCK, N. 1970. Effects of **stemflow** water on a Miami soil under a beech tree. I. Morphological and physical properties. *Proceedings of the Soil Science Society of America* 34:779-786.
12. GESPER, P.L.; HOLOWAYCHUCK, N. 1970. Effects of **stemflow** water on a Miami soil under a beech tree. II. Chemical properties. *Proceedings of the Soil Science Society of America* 34:786-794.
13. GESPER, P.L.; HOLOWAYCHUCK, N. 1971. Some effects of **stemflow** forest canopy trees on chemical properties of soil. *Ecology* 52:691-702.
14. JORDAN, C.F. 1978. **Stemflow** and nutrient transfer in a tropical rain forest. *Oikos* 31:257-263.
15. JORDAN, C.F.; GOLLEY, F.; HALL, J.; HALL, J. 1980. Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an Amazonian rain forest. *Biotrópica* 12:61-66.
16. LEITE, J. de O.; VALLE, R.R. 1990. Nutrient cycling in the cacao ecosystem: Rain and **throughfall** as nutrient sources for the soil and the cacao tree. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 32:143-154.
17. LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H.; PIERCE, S.R.; EATON, S.J.; JOHNSON, N.M. 1977. *Biochemistry of a forested ecosystem*. New York, Springer. 146 p.
18. MILDE, I.C.E.; NITZSHE, M.H. 1985. Estudo da precipitação diária: Regimes pluviométricos para a região cacauceira da Bahia. *Revista Theobroma (Bra.)* 15(2):79-95.
19. MIRANDA, R.A.C. 1982. Interception of rainfall in an apple orchard and its subsequent evaporation. Thesis Mag. Ph. Norwich, England, University of East Anglia. 140 p.
20. MIRANDA, R.A.C. 1985. Observações iniciais da perda por interceptação de chuva em cacauceiro. *Revista Theobroma (Bra.)* 15(2):73-78.
21. MIRANDA, R.A.C. 1987. Interceptação da chuva por cacauceiros no Sudeste da Bahia. *Revista Theobroma (Bra.)* 17(4):251-259.
22. NIHLGARD, B. 1970. Precipitation, its chemical composition and effect on soil water in a beech and a spruce forest in south Sweden. *Oikos* 21:208-217.
23. NYE, P.H. 1961. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant and Soil* 13:333-346.
24. PARKER, G.G. 1983. **Throughfall** and **stemflow** in the forest nutrient cycle. *Advances in Ecological Research* 13:57-133.
25. SANTANA, M.B.M.; PEREIRA, G.C.; MORAIS, F.I. DE OS. 1976. Métodos de análises de solos, plantas e água utilizados no laboratório do Setor de Fertilidade do CEPEC. Ilhéus, Centro de Pesquisas do Cacau. 33p.
26. SANTANA, M.B.M.; CABALA-ROSAND, P. 1984. Reciclagem de nutrientes em plantações de cacau sombreada com eirrina. In *Conference Internationale sur la Recherche Cacaoyère* (9., 1984, Lomé, Togo). Actes. Lagos, Nigéria, Cocoa Producers Alliance. p. 205-210.
27. THOMAS, W.A. 1969. Accumulation and cycling of calcium by dogwood trees. *Ecology Monography* 39:101-120.
28. TUKEY JR., H.B. 1970. The leaching of substances from plants. *Annual Review of Plant Physiology* 21:305-324.
29. VOIGT, G.K. 1960. Alteration of the composition of rain-water by trees. *American Midland Naturalist* 63:321-326.
30. WITWER, S.H.; TEUBNER, F.G. 1959. Foliar absorption of mineral nutrients. *Annual Review of Physiology* 10:13-32.