

ESCOAMENTO PELO TRONCO (EPT) EM FLORESTA PRIMÁRIA EXPLORADA SELETIVAMENTE NA AMAZÔNIA ORIENTAL¹

Vânia Silva de MELO²

Tatiana Deane de Abreu SÁ³

Maria Regina Freire MÖLLER⁴

RESUMO: A contribuição do escoamento pelo tronco (CE) à chuva efetiva foi avaliada em floresta primária explorada, em Benevides (PA). EPT foi quantificado de setembro de 1993 a maio de 1997 mediante coletores construídos com espuma de silicone, acoplados por tubos a recipientes plásticos. O monitoramento diário de CE se restringiu a doze árvores. A chuva bruta (CB) foi monitorada com doze coletores fixos, instalados em área livre de obstáculos. A média de CE foi de 0,28% ($\pm 0,02$). EPT foi influenciado positivamente e exponencialmente por CB ($EPT = 0,0008 CB^{1,4808}$). Metade das árvores amostradas exibiram comportamento similar quanto a EPT. Considerando a razão de funilamento (RF) como uma mensuração da capacidade da árvore em canalizar a água da chuva via EPT, árvores de *Pouroma guianensis* e *Eschweilera coriacea* exibiram, respectivamente, maior e menor capacidade de contribuição para a chuva efetiva via EPT. A contribuição relativa de indivíduos ao EPT diferiu, considerando eventos de chuva de diferentes intensidades.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Amazônia, Floresta Primária, Escoamento pelo Tronco, Hidrologia Florestal

STEMFLOW IN SELECTIVELY EXPLOITED PRIMARY FOREST IN EASTERN AMAZONIA

ABSTRACT: The contribution of the stem flow (EPT) to the effective rainfall was assessed in a selectively exploited primary forest, in Benevides, PA, Brazil. EPT was quantified from September 1993 to May 1997, by using silicon foam spiral collars connected by tubes to plastic containers. EPT was daily monitored in twelve trees. Gross rainfall (CB) was monitored in twelve fix collectors, installed in an area free of obstacles. The overall average for EPT was 0.28% (± 0.02). EPT was positively influenced by CB ($EPT = 0,0008 CB^{1,4808}$). Half of the sampled trees exhibited similar behavior with respect to EPT. Considering the funneling ratio as a measure of the capacity of a tree in channeling rain water via EPT, the trees of *Pouroma guianensis* and *Eschweilera coriacea* exhibited

¹ Aprovado para publicação em 01.07.05

Parte da Dissertação apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Mestre na FCAP em 1999.

² Engenheira Agrônoma, MSc., aluna do Doutorado em Ciências Agrárias da UFRA.

³ Engenheira Agrônoma, Dra., Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental. Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/nº, CEP 66095-100, Belém (PA).

⁴ Química Industrial, Dra., Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental.

the higher and the lower capacity to contribute to effective rainfall, via EPT, respectively. The relative contribution of individual trees to EPT differed considering rainfall events of different intensities.

INDEX TERMS: Amazonian, Primary Forest, Stem Flow, Forest Hydrological.

1 INTRODUÇÃO

A região Nordeste do estado do Pará, no contexto da Amazônia, é caracterizada por mais de um século de intensa ação antrópica, em decorrência da ocupação agrícola que vem experimentando, o que resulta em raros fragmentos de floresta ainda remanescentes, em sua maioria já explorados seletivamente quanto a espécies, notadamente as madeiráveis.

Para poder avaliar o quanto a cobertura vegetal associada a outros usos da terra, atualmente comuns nessa região, difere de sua vegetação original, é crucial que sejam realizados estudos voltados à caracterização de balanços de água nos fragmentos de floresta primária remanescentes.

Um aspecto relevante aos balanços de água e nutrientes em ecossistemas é a partição da água da chuva ao atravessar a vegetação. O escoamento pelo tronco (*stemflow* - CE) é um relevante componente destes balanços, a despeito de na maioria das vegetações representar apenas um percentual irrisório da água da chuva a atingir o solo.

O trabalho visa estudar a relação entre CB e EPT para a compreensão desta variável, e para viabilizar a sua utilização em estudos de modelagem e simulação

abordando o efeito de mudanças de uso da terra na Amazônia, dando ênfase à compreensão de EPT de modo a complementar trabalhos sobre ciclagem hidrológica realizados em área de floresta primária explorada (MARTINS, 1997; KLINGE, 1997), como atividades do convênio entre a Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP) e o Instituto de Ciências do Solo e Nutrição Florestal da Universidade de Göttingen (IBW), como um segmento (Env-24) do Programa SHIFT (Studies on the Human Impact on Forest and Floodplains in the Tropics).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de setembro/1993 a maio/1997 na Estação Experimental de Recursos Genéticos José Haroldo, da Comissão Executiva de Lavoura Cacaueira (CEPLAC), situada à margem direita da rodovia BR-316, a 17 km de Belém, no município de Benevides (PA), (latitude 1°12' S e longitude 48°13'5 W), em área de floresta primária explorada seletivamente.

O local de coleta constou de uma área total de 50 m x 50 m. No período de setembro de 1993 a maio de 1995 foram monitoradas doze árvores, numa área de 400 m², onde havia predominância de árvores de médio porte, e elevada ocorrência de cipós, sendo

esta área selecionada por apresentar condições de vegetação, tipo de solo, relevo, drenagem, declividade, erosão e material de origem típicos da região (NEVES; BARBOSA, 1983). Antes da instalação dos coletores de EPT, foi realizado levantamento de diversas características das árvores estudadas, incluindo o diâmetro à altura do peito (DAP) (Tabela 1).

O monitoramento de EPT foi feito diariamente, através de um coletor de espuma de silicone acoplada a um funil conectado a uma mangueira plástica, com função básica de desviar CE para coletores fechados (capacidade de 25 litros).

A chuva bruta (CB), que atinge o topo do dossel, foi medida por meio de doze coletores, dispostos em linhas fixas, distantes 1 m entre si, em área livre de obstáculos a 50 m da área onde estavam instalados os coletores de EPT. Cada coletor de CB era constituído de um funil, com área de captação correspondente a 78,53 cm², acoplado a uma garrafa plástica com capacidade para 1 litro, inserido em um tubo PVC, a 1 metro de altura da superfície do solo.

O foco principal deste trabalho foi o componente escoamento pelo tronco (EPT), que pode ser expresso em termos percentuais, em relação à chuva bruta (CB), ou em termos volumétricos da água que cai na vegetação como um todo, ou através de componentes (espécies, grupos de espécies ou indivíduos) desta vegetação.

Para as espécies que tinham indivíduos com coletores, o volume foi extrapolado para

o número de árvores que pertenciam à mesma espécie, em função do DAP, enquanto que para as demais espécies, o volume foi estimado utilizando-se os valores das espécies que tinham coletores, também em função do DAP, extrapolando-se para a área de 50 m x 50 m.

Para expressar a capacidade de árvores em escoar a água da chuva através do caule, foi também calculada a variável razão de funilamento (RF), que é comumente adotada para avaliar a capacidade de coleta da água de chuva pelas árvores (HERWITZ, 1982), e que é calculada conforme a expressão abaixo:

$$RF = \frac{\text{onde:}}{CB \times AB} \text{ razão de funilamento;}$$

V = volume de água que escorre pelo caule (litros);

CB = chuva bruta (mm);

AB = área basal (m²).

Para relacionar EPT com a intensidade da chuva, utilizaram-se totais de CB acumulados a cada 15 minutos, obtidos em uma estação meteorológica automática que se encontrava em funcionamento a 50 m da área de estudo, no período de setembro/93 a julho/95. A seleção de padrões de eventos de chuva foi realizada considerando como chuva leve (até 2,5 mm h⁻¹), chuva média (superior a 2,5 e inferior a 7,5 mm h⁻¹) e chuva intensa (superior a 7,5 mm h⁻¹).

Tabela 1 – Levantamento das características das árvores estudadas.

| Espécie | Família | Cipó | Sapopema | Ocorrência de cipó | Ocorrência de epífita | Ocorrência de líquen | Superfície do tronco | Formato do tronco | Raízes aéreas | Superfície da folha | Tamanho da folha | DAP (cm) |
|------------------------------|---------------|----------|----------|--------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|---------------|---------------------|------------------|----------|
| <i>Cecropia sciadophylla</i> | Moraceae | Ausente | Ausente | Sim | Sim | Sim | Liso | Inclinado | Presente | Pilosa | Grande | 17,6 |
| <i>Symphonia globulifera</i> | Clusiaceae | Ausente | Ausente | Não | Sim | Sim | Liso | Inclinado | Presente | Lisa | Pequena | 25,0 |
| <i>Protium aracouchini</i> | Burseraceae | Ausente | Presente | Não | Sim | Sim | Liso | Inclinado | Ausente | Lisa | Pequena | 29,3 |
| <i>Davilla kunthii</i> | Dilleniaceae | Presente | Ausente | Não | Sim | Sim | Rugoso | Inclinado | Ausente | Lisa | Média | 21,2 |
| <i>Cordia bicolor</i> | Boraginaceae | Ausente | Ausente | Sim | Sim | Sim | Liso | Inclinado | Ausente | Lisa | Média | 13,5 |
| <i>Eschweilera coriacea</i> | Lecythidaceae | Ausente | Presente | Sim | Sim | Sim | Liso | Ereto | Ausente | Lisa | Média | 59,0 |
| <i>Pourouma guianensis</i> | Moraceae | Ausente | Ausente | Sim | Não | Sim | Liso | Ereto | Presente | Lisa | Grande | 19,2 |
| <i>Pourouma guianensis</i> | Moraceae | Ausente | Ausente | Sim | Não | Sim | Liso | Ereto | Presente | Lisa | Grande | 14,0 |
| <i>Pourouma guianensis</i> | Moraceae | Ausente | Ausente | Sim | Não | Sim | Liso | Ereto | Presente | Lisa | Grande | 13,7 |
| <i>Lecythis idatimon</i> | Lecythidaceae | Ausente | Ausente | Sim | Sim | Sim | Liso | Ereto | Ausente | Lisa | Média | 57,9 |
| <i>Protium aracouchini</i> | Burseraceae | Ausente | Presente | Sim | Sim | Sim | Liso | Ereto | Ausente | Lisa | Pequena | 27,9 |
| <i>Protium aracouchini</i> | Burseraceae | Ausente | Presente | Sim | Sim | Sim | Liso | Ereto | Ausente | Lisa | Pequena | 25,0 |

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mostra a Tabela 2, a percentagem de chuva que caiu via EPT em relação à CB, foi muito baixa em todo o período observado. Contudo, os valores são próximos aos encontrados em floresta primária na região Amazônica por Ubarana (1996), que foram de 0,7% em Ji-Paraná (RO) e de 0,2% em Marabá (PA) e por Klinge (1997), que avaliou um período menor de observações na mesma floresta ora abordada, e obteve valores de 0,19%, usando o método da área delimitada, considerando doze árvores. Outros trabalhos em florestas primárias, como pode ser observado na Tabela 1, também mostram que EPT representa uma proporção muito pequena em relação a CB (MANOKARAN, 1979; LLOYD; MARQUES, 1988; FRANKEN, 1992).

A Figura 1 mostra a curva de regressão entre CB e EPT que melhor explicou a relação entre estas variáveis ($EPT = 0,0008CB^{1,4808}$, $r^2 = 0,908$), considerando-se doze árvores, no período de setembro/93 a maio/97.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados das comparações de média, pelo

teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, para os dados de EPT, em litros, referentes a doze indivíduos avaliados (oito espécies).

Verifica-se que a metade dos indivíduos teve comportamento idêntico, enquanto que alguns se destacaram com valores maiores (e.g. *Symphonia globulifera*, que apresentou o maior valor de EPT (2,86 L) e menores (*Eschweilera coriacea* com 0,60 L). A variação de EPT não aparenta estar fortemente relacionada ao diâmetro das árvores, uma vez que indivíduos de *Cordia bicolor* e de *Eschweilera coriacea* possuíam o menor e o maior diâmetro, respectivamente, e foram os que menos contribuíram (Tabela 2), não diferindo entre si. A arquitetura da copa do indivíduo de *Eschweilera coriacea* (A180), associada à presença de cipós, desempenhou um relevante papel na variação de EPT, uma vez que estes são considerados como o principal obstáculo para o transporte da chuva via EPT, causando interrupção dos ramos, favorecendo, assim, o gotejamento através das copas das árvores (MIRANDA; BUTLER, 1986).

Tabela 2 – Percentagem de escoamento pelo (EPT) em relação à chuva bruta (CB), considerando doze árvores, utilizando cálculo para área total, comparada à quantificada em outras florestas primárias da Amazônia.

| Local do estudo | EPT (%) | FONTE |
|-----------------|---------|------------------------|
| Benevides (PA) | 0,28 | Área estudada |
| Benevides (PA) | 0,19 | Klinge (1997) |
| Marabá (PA) | 0,20 | Ubarana (1996) |
| Manaus (AM) | 0,30 | Franken (1992) |
| Manaus (AM) | 3,30 | Lloyd e Marques (1988) |

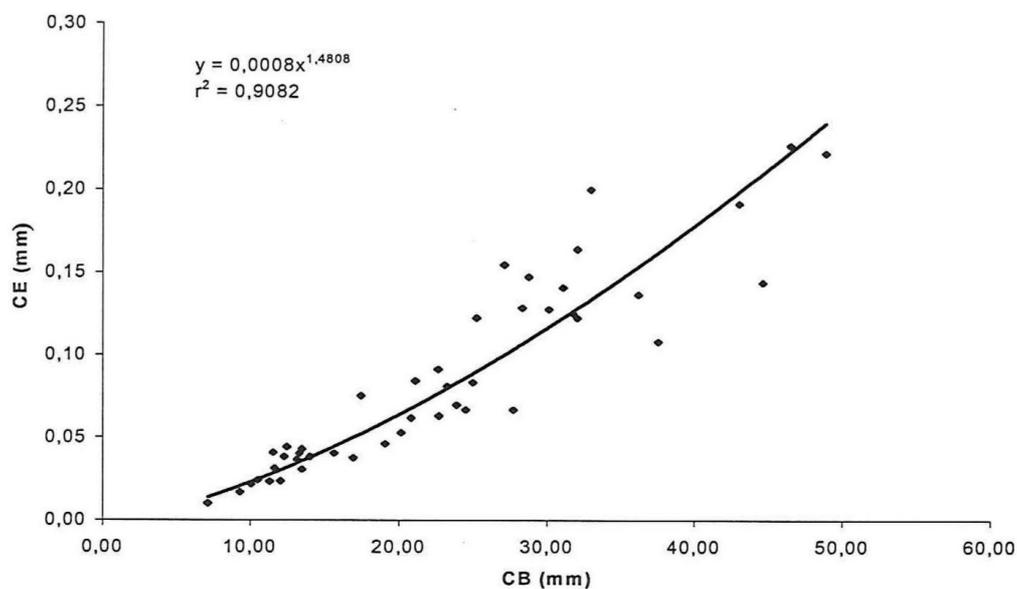


Figura 1 – Curva de regressão de escoamento pelo tronco (EPT) em função da chuva bruta (CB), no período de setembro/93 a maio/97

Tabela 3 – Comparação de médias de escoamento pelo tronco (L), no período de setembro/93 a maio/97, levando-se em consideração doze árvores.

| Nº da árvore | Nome científico | CE (L) |
|--------------|------------------------------|---------|
| A174 | <i>Symphonia globulifera</i> | 2,86 a |
| A176 | <i>Davilla kunthii</i> | 1,53 b |
| A208 | <i>Protium aracouchini</i> | 1,51 b |
| A196 | <i>Pourouma guianensis</i> | 1,30 bc |
| A200 | <i>Lecythis idatimon</i> | 1,24 bc |
| A198 | <i>Pourouma guianensis</i> | 1,21 bc |
| A175 | <i>Protium aracouchini</i> | 1,18 bc |
| A203 | <i>Protium aracouchini</i> | 0,95 bc |
| A171 | <i>Cecropia sciadophylla</i> | 0,80 bc |
| A195 | <i>Pourouma guianensis</i> | 0,71 c |
| A178 | <i>Cordia bicolor</i> | 0,62 c |
| A180 | <i>Eschweilera coriacea</i> | 0,60 c |

DMS: Tukey a 5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si.

Quanto à razão de funilamento (RF), os valores encontrados, considerando doze árvores no período de setembro/93 a maio/97, estão apresentados na Tabela 4.

Os indivíduos de *Pourouma guianensis* (A198) e de *Eschweilera coriacea* (A180) apresentaram maior e menor RF, respectivamente, possuindo, assim, a maior e a menor capacidade de coleta de água de chuva, sendo importante salientar que a RF leva em consideração não somente o EPT e a CB, mas também a área basal. Estes valores estão na faixa dos encontrados em outros estudos em condições de clima tropical úmido (HERWITZ, 1993), com exceção dos indivíduos da espécie *Eschweilera coriacea*

(A180) e *Lecythis idatimon* (A200), que apresentaram RF de 0,5 e 1, respectivamente. Valores mais elevados de RF têm sido observados em algumas espécies em outros tipos de vegetação, como é o caso das espécies *Belanops australiana* e *Ceratopetalum virchowii*, também em condições de clima tropical úmido (HERWITZ, 1993), conforme pode ser verificado na Tabela 5.

Na Figura 2, percebe-se que na vegetação estudada, EPT sofreu influência da intensidade da chuva, principalmente nos eventos de chuva considerados intensos, com os maiores valores ocorrendo nas árvores A198, A176, A175, A174 e A208.

Tabela 4 – Estimativa da razão de funilamento.

| Nº da árvore | Nome científico | RF |
|--------------|------------------------------|------|
| A171 | <i>Cecropia sciadophylla</i> | 12,0 |
| A174 | <i>Symphonia globulifera</i> | 20,0 |
| A175 | <i>Protium aracouchini</i> | 6,0 |
| A176 | <i>Davilla kunthii</i> | 13,0 |
| A178 | <i>Cordia bicolor</i> | 16,0 |
| A180 | <i>Eschweilera coriacea</i> | 0,5 |
| A195 | <i>Pourouma guianensis</i> | 7,0 |
| A196 | <i>Pourouma guianensis</i> | 25,0 |
| A198 | <i>Pourouma guianensis</i> | 28,0 |
| A200 | <i>Lecythis idatimon</i> | 1,0 |
| A203 | <i>Protium aracouchini</i> | 4,0 |
| A208 | <i>Protium aracouchini</i> | 9,0 |

Tabela 5 – Razão de funilamento (RF) encontrada em diferentes espécies.

| Espécie | Condição | RF | Referência |
|--------------------------------|-------------------------|-----|----------------|
| <i>Belanops australiana</i> | Floresta tropical | 156 | |
| <i>Ceratopetalum virchowii</i> | Floresta tropical | 112 | Herwitz (1982) |
| <i>Cardwellia sublimis</i> | Floresta tropical | 12 | |
| <i>Elaeocarpus sp.</i> | Floresta tropical | 10 | |
| <i>Sabal bermudiana</i> | Floresta tropical úmida | 2 | |
| <i>Junipeus bermudiana</i> | Floresta tropical úmida | 21 | Herwitz (1993) |
| <i>Eugenia axillaris</i> | Floresta tropical úmida | 26 | |
| <i>Diospyrus texana</i> | Vegetação semi-árida | 50 | |
| <i>Prosopis laevigata</i> | Vegetação semi-árida | 10 | Návar e Bryan |
| <i>Acacia farnesiana</i> | Vegetação semi-árida | 12 | (1993) |

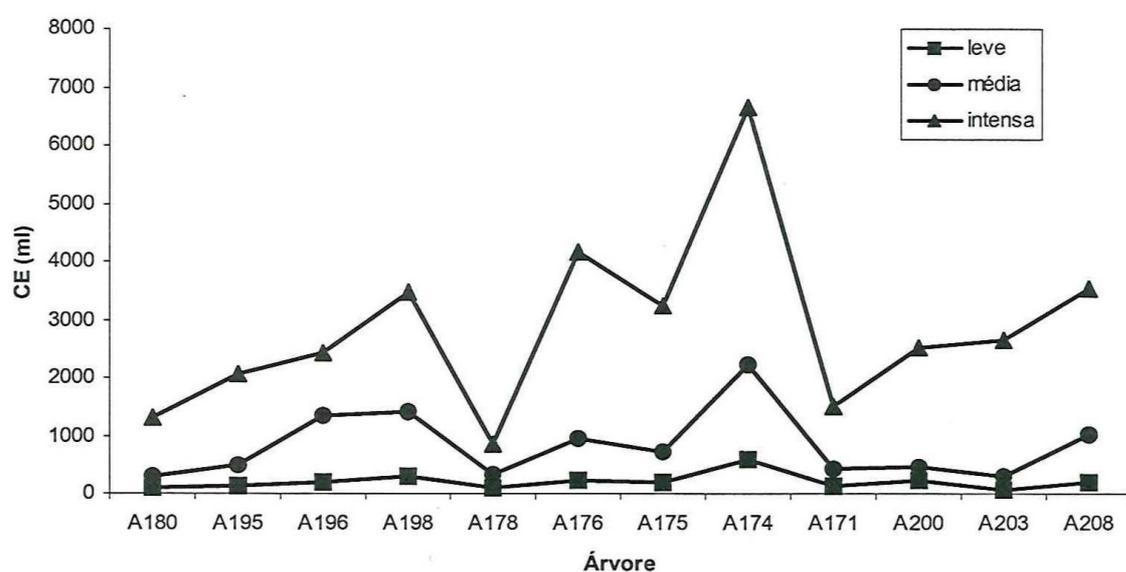


Figura 2 – Contribuição média da EPT por indivíduo, levando-se em consideração a média de 21 eventos de chuva para cada intensidade.

4 CONCLUSÃO

A comparação dos resultados com os obtidos em florestas primárias não exploradas da Amazônia sugere que a exploração seletiva na floresta em estudo não parece ter afetado a percentagem de chuva que chega ao solo como EPT. A equação determinada ($EPT = 0,0008CB^{1,4808}$) pode ser adotada para estimar valores de EPT em floresta primária explorada da região estudada.

As doze árvores foram representativas para explicar o fenômeno para a área estudada, com oito indivíduos apresentando comportamento idêntico com relação ao EPT.

EPT sofreu influência da presença de cipós nos troncos associada à arquitetura da copa das árvores avaliadas.

Considerando que RF é um indicador para a avaliação da eficiência de coleta de chuva via CE, os indivíduos de *Pouroma guianensis* e *Eschweilera coriacea* aparentam exibir maior e menor capacidades de coleta de chuva, respectivamente.

A intensidade da chuva alterou a contribuição relativa de indivíduos ao total de EPT.

REFERÊNCIAS

FRANKEN, W. Estudo da interceptação da água de chuva em cobertura florestal amazônica do tipo terra firme. *Acta Amazônica*, Manaus, v.12, n.2, p.327-331, 1992.

HERWITZ, S.R. The redistribution of rainfall by tropical rainforest canopy tree species. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST HYDROLOGY, 1., 1982, Melbourne. *Proceedings...* Melbourne: Inst. Aust. Eng. Publ., 1982.

———. Stemflow influences on the formation of solution pipes in Bermuda eolianite. *Geomorphology*, v. 6, p. 253-277, 1993.

KLINGE, R. *Wasser und Nährstoffyanamik in Boden und Bestand beim Aufbau einer Holzplantage im Östlichen Amazonasgebiet*. Göttingen: Universität zu Götting, 1997. 257 p.

LLOYD, C.R.; MARQUES, A. de O. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in an amazonian rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.42, p.63-73, 1988.

MANOKARAN, N. Stemflow, throughfall and rainfall interception in a lowland tropical rain forest in peninsular Malaysia. *The Malasya Forester*, v.42, p.3, 1979.

MARTINS, A.R.A. *Ciclagem hidrológico-química: precipitação incidente, precipitação sob dossel e solução do solo, em área de floresta, em Benevides/PA*. 1997. 76 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1997.

MIRANDA, C de R.A.; BUTLER, D. R. Interception of rainfall in a hedgerow apple orchard. *Journal of Hydrology*, v. 87, p. 245-253, 1986.

NÁVAR, J.; BRYAN, R. The causes of stemflow variation in three semi-arid growing species of northeastern Mexico. *Journal of Hydrology*, v. 145, p. 175-190, 1993.

NEVES, A.A. de S.; BARBOSA, R.C.M. *Levantamento detalhado dos solos do campo de introdução de Theobroma na Amazônia*. Belém: CEPLAC, 1983. 30 p. (Boletim Técnico, 109).

UBARANA, V.N. Observations and modelling of rainfall interception at two experimental sites in Amazonia. In: GASH, J. C. ; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. *Amazonian deforestation and climate*. Chichester: J. Wiley, 1996. p.288-306.