

**DESCRIÇÃO DOS RECENTES RESULTADOS DA COMPONENTE INTERCEPTAÇÃO  
DA PRECIPITAÇÃO PELA COBERTURA VEGETAL NA AMAZÔNIA.  
PARTE I: O EXPERIMENTO OBSERVACIONAL.**

***Vinicius da Nóbrega Ubarana***

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME

email: [vinicius@zeus.funceme.br](mailto:vinicius@zeus.funceme.br)

***Carlos A. Nobre***

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos -CPTEC/INPE

email: [nobre@cptec.inpe.br](mailto:nobre@cptec.inpe.br)

**Abstract**

An study, supported by the ABRACOS\* Project, has been carried out to determine the interception loss of two different forest sites in Amazônia: one in Ji-Paraná/RO and the other in Marabá/PA. This first part describe the observational experiment. For the period studied with the experiment, for Ji-Paraná 11,6% of interception loss was observed during the period. In Marabá the interception represented 12,9% of the rainfall during the period.

**1- Introdução**

É de grande importância no ciclo hidrológico o processo denominado interceptação da precipitação pela cobertura vegetal. Estudado há várias décadas, este assunto começou a ser devidamente tratado com o trabalho de Horton (1919) que levou em consideração aspectos físicos e morfológicos da vegetação. Não se pode ignorar a evaporação da água interceptada ou compará-la à transpiração durante o período em que a vegetação está molhada. Valente (1990) cita vários trabalhos publicados nas décadas de 70 e 80 confirmando a hipótese de Rutter (1967) de que a taxa de evaporação da água interceptada por uma cobertura vegetal é, para as mesmas condições climáticas, bastante superior a taxa da transpiração. Neste trabalho o processo de interceptação é descrito considerando-se que a parte da precipitação incidente, coletada pela vegetação, pode se dividir em duas componentes: uma parte é reevaporada à atmosfera por permanecer interceptada e o restante é drenado em direção ao solo. A quantidade evaporada é denominada perda por interceptação. Pode-se falar em perda pois, na realidade, este valor nunca chega a fazer parte da recarga hídrica do solo.

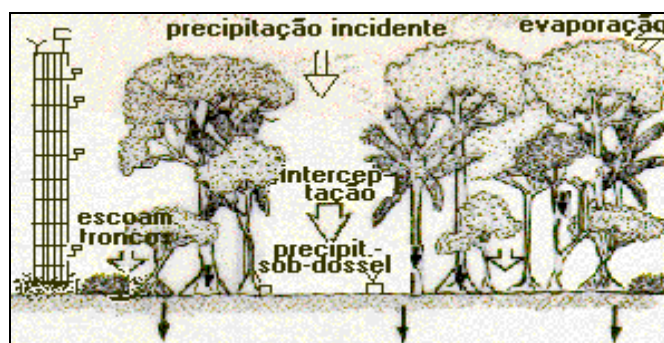
Os totais interceptados podem variar bastante dependendo do tipo de vegetação. Lloyd & Marques (1988) citam recentes trabalhos a respeito (Clarke em 1987; Raick em 1983) que mostram que estes totais, em relação à precipitação incidente, podem variar desde índices menores que 3% na Nigéria até maiores que 63% em florestas tailandesas. Valores acima de 30% são encontrados para florestas temperadas como mostrado por Gash & Stewart (1977) e Gash et al. (1988). A grande variação nestes percentuais está intimamente relacionada com a morfologia diferente para cada tipo de vegetação e o regime de precipitação predominante em cada área. Recentes artigos como os de Lloyd & Marques (1988), Lloyd et al. (1988) e Shuttleworth et al. (1984) mostram que o total perdido por evaporação anualmente varia em torno de 9% da precipitação incidente total. Neste trabalho os totais interceptados para a Floresta Amazônica são quantificados, através dos resultados obtidos com um experimento de campo implementado em dois sítios, ambos floresta de terra-firme: Marabá/PA e Ji-Paraná/RO na Amazônia Oriental e Ocidental, respectivamente.

**2 - Descrição do Experimento**

Os dois sítios experimentais do Projeto ABRACOS, em Ji-Paraná/RO e Marabá/PA, se localizam na Reserva Biológica do Jaru, 61°56' W, 10°05' S e na reserva pertencente à Cia Vale do

Rio Doce, 49°10' W, 05°45' S, respectivamente. A floresta no sítio de Ji-Paraná tem uma altura média de 30 a 35 metros. Em Marabá a floresta tem em média de 20 a 25 metros de altura. Nos dois sítios algumas árvores emergentes atingem 50 metros de altura. A descrição detalhada da morfologia e fisiologia vegetal dos sítios estão descritos em detalhe em McWilliam et al., 1996. Nos locais foram marcados dois lotes retangulares de 100 x 4 metros em uma área previamente estudada, segundo a distribuição dos perímetros médios do troncos, representando bem as características morfológicas da floresta. A densidade média dos troncos é elevada nos locais. Este fato foi verificado por Lloyd e Marques (1988) para a região de Manaus/AM. Mais de 50% dos troncos possuem menos de 40 cm de perímetro (medido à altura do peito).

Nestes dois locais foram amostrados as componentes do ciclo que determinam o total perdido por interceptação, segundo metodologia de Lloyd e Marques (1988). A precipitação incidente sobre o dossel da floresta é redistribuída em diferentes componentes. A parte que é drenada pelo dossel e chega ao solo através de gotejamento mais a aquela que atinge diretamente a superfície atravessando a cobertura vegetal é denominada precipitação-sob-dossel, do inglês "throughfall". A componente que chega ao solo através dos troncos é denominada escoamento pelos troncos ou "stemflow". A soma destas duas componentes, chamada precipitação efetiva, é a quantidade que realmente chega ao solo. A perda por interceptação é a diferença entre a precipitação incidente e a precipitação efetiva. Veja a Figura 1 que ilustra o processo.



*Figura 1 - Visão estilizada do experimento.*

Tem-se clara a impossibilidade de definição de todos os pontos do lote na determinação quantitativa dos parâmetros em questão; assim utiliza-se um processo de amostragem aleatória da população. Para a componente precipitação-sob-dossel são dispostos aleatoriamente trinta coletores dentro do lote de retangular de 100 x 4 metros dentro de um sistema de linha de transecto. A cada coleta de informação os coletores são aleatoriamente realocados dentro do lote. Integrando-se as médias de cada coleta tem-se o valor total da precipitação-sob-dossel. Cada período amostrado (correspondendo a uma coleta) pode, dependendo da época do ano e, conseqüentemente das taxas de evaporação, ter diferente duração em dias. Foram realizadas, também, coletas extras após evento de chuva para determinação de parâmetros específicos do processo como a capacidade máxima de armazenamento do dossel. O difícil acesso ao lote em floresta tropical também determina o período das coletas que, em média, é de uma semana.

O escoamento pelos troncos e ramos da vegetação é amostrado da seguinte maneira: coleta-se por árvore individual, no lote demarcado, o volume armazenado no período da coleta. Com as informações de densidade e o total coletado para dez troncos vivos, estima-se o valor em milímetros desviado por uma árvore. A alta variabilidade de espécies levou a escolha dos dez troncos, segundo a distribuição média dos perímetros dos mesmos, que foi escolhida por ser a mais similar à distribuição da floresta. Inclui-se grandes números de árvores dominantes, inclusive palmeiras que desviam grande quantidade de precipitação para si (Ubarana, 1994). O coletor moldado aos troncos simplesmente desvia a água que escoar para um coletor. A precipitação incidente é coletada através de estações automáticas (Didcot Instruments) de coleta de dados acima do topo da floresta.

## 2 - Resultados Gerais

O total acumulado das principais componentes, precipitação incidente, precipitação-sob-dossel e perdas por interceptação são mostrados nas Figuras 2(a). para Ji-Paraná e Figura 2(b). para Marabá. Durante 78 períodos de coleta na Reserva Jarú (agosto/92 a agosto/94), em Ji-Paraná e os 39 em Marabá (setembro/92 a janeiro/94), os totais acumulados em mm e os erros médios cometidos no cálculo, além da participação percentual de cada componente na precipitação incidente total estão mostrados na Tabela 1.

*Tabela 1 - Resultados gerais do experimento observacional para o período estudado*

<i>Ji-Paraná/RO</i>	<i>Total (mm)</i>	<i>Percentual Precipitação Incididente</i>
Precipitação Incidente	3563,8	-
Precipitação-sob-dossel	3098,8 ± 187,3 mm	87,0 ± 5,3 %
Escoamento Troncos	51,1 ± 13,7 mm	1,4 ± 0,4 %
<b><i>Perdas Interceptação</i></b>	<b><i>414,2 ± 211,1 mm</i></b>	<b><i>11,6 ± 5,9 %</i></b>
<i>Marabá/PA</i>	<i>Total (mm)</i>	<i>Percentual Precipitação Incididente</i>
Precipitação Incidente	1649,9	-
Precipitação-sob-dossel	1423,0 ± 102,0 mm	86,2 ± 6,2 %
Escoamento Troncos	13,6 ± 5,4 mm	0,8 ± 0,3 %
<b><i>Perdas Interceptação</i></b>	<b><i>213,3 ± 78,5 mm</i></b>	<b><i>12,9 ± 4,8 %</i></b>

## 3 - Resultados Específicos

Foram coletados dados após um evento individual de chuva, durante a estação chuvosa, para se determinar o valor da capacidade máxima de armazenamento,  $Sc$ . A metodologia adotada foi similar à utilizada por Lloyd et al. (1988) and Gash and Morton (1978). Eventos individuais, separados por 6 horas secas, com precipitação incidente mínima de 1,5 mm e máxima de 15 mm, foram utilizados para se obter uma regressão linear entre a precipitação incidente e a precipitação-sob-dossel. Foram utilizados 37 eventos no sítio de Ji-Paraná. Com a regressão obteve-se a inclinação de reta de  $0,96 \pm 0,17$  e o coeficiente linear de  $-0,99 \pm 0,15$  verificando-se, então, um valor de 1,03 mm de precipitação incidente quando a precipitação-sob-dossel é zero. Para os 18 eventos estudados em Marabá, obteve-se uma regressão com inclinação de  $0,87 \pm 0,2$  e o coeficiente linear de  $-1,09 \pm 0,22$  dando um valor de 1,25 mm de precipitação incidente quando a precipitação-sob-dossel é zero. A pequena correção aplicada por Lloyd et al. (1988) que leva em conta a evaporação que ocorre durante a precipitação foi ignorada. Consequentemente os valores da capacidade máxima de armazenamento,  $Sc$ , foram 1,03 mm para a Reserva Jarú em Ji-Paraná e 1,25 mm para a Reserva da Vale do Rio Doce em Marabá.

Foi determinado, também, o valor do chamado coeficiente de precipitação livre,  $p$ , que determina o percentual considerado ser céu aberto no dossel da floresta. Com isto pode-se ter uma idéia, em trabalhos de modelagem, da quantidade da precipitação incidente que atinge diretamente o solo. A metodologia baseia-se na utilizada por Ford (1976) que utiliza um anascópio. Na Reserva Vale do Rio Doce, em Marabá, foi obtido o valor de  $p=0.044$ . Na Reserva Jarú foi de  $p=0,031$ . Isto significa que os valores de céu sem cobertura de vegetação, correspondem a 4,4% do dossel Marabá e 3,1% em Ji-Paraná.

A capacidade de armazenamento dos troncos,  $St$ , também foi estimada neste experimento observacional seguindo-se a mesma metodologia aplicada para se estimar a capacidade de armazenamento do dossel,  $Sc$ . A diferença é que aqui se utiliza uma regressão linear, durante eventos isolados, entre a componente escoamento pelos troncos e ramos e a precipitação total incidente. Como em Lloyd et al. (1988) o coeficiente linear desta regressão fornece  $St$ . A

componente que determina um coeficiente de desvio de água da precipitação incidente para os ramos e troncos,  $pt$ , é a inclinação da reta da regressão. Trinta e dois eventos foram usados em Ji-Paraná e dez em Marabá. A equação de regressão é dada por  $Sf = 0,010(\pm 0,004)Pg - 0,09(\pm 0,09)$  e  $Sf = 0,023(\pm 0,01)Pg - 0,10(\pm 0,07)$  para Ji-Paraná e Marabá, respectivamente, onde  $Sf$  representa os valores do escoamento pelos troncos e  $Pg$  os de precipitação incidente. Para Ji-Paraná, então,  $St = 0,09$  mm and  $pt = 0,01$  e para o sítio de Marabá  $St = 0,1$  mm e  $pt = 0,023$ .

No estudo de Lloyd e Marques (1988) estes autores estudaram, para a Reserva Ducke - Manaus/AM, em experimento similar de interceptação, a variabilidade da componente precipitação-sob-dossel expressando cada evento individual deste parâmetro como um percentual da precipitação incidente total estudando, então, a distribuição de frequência destes eventos. Uma análise similar foi realizada para o sítio de Ji-Paraná/RO. Das 505 posições possíveis para uso, na coleta de precipitação-sob-dossel dentro do lote de amostragem, foram utilizados 501 pontos. A frequência é mostrada na Figura 3 e mostra que 59 % dos pontos amostrados coletam um valor maior ao da precipitação incidente, durante o mesmo período. Estes pontos contribuem com 43 % da precipitação-sob-dossel total acumulada. Por outro lado, 41 % dos pontos amostrados foram considerados “drip points” pois acumularam mais água que a precipitação incidente no mesmo período de cada evento. Estes pontos contribuíram com 57 % da precipitação-sob-dossel total acumulada.

#### 4 - Discussão

Confirma-se as observações feitas por diversos autores de que as perdas por interceptação em regiões tropicais são significativas considerando-se a quantidade, em mm, de precipitação incidente anual. A precipitação-sob-dossel é a principal componente do processo contribuindo com mais de 80 % da precipitação incidente total. Os totais médios desta componente, em cada coleta, se elevam com o aumento da precipitação incidente. Esta observação foi verificada por Lloyd e Marques (1988). Percentualmente, porém, há uma tendência em tornarem-se constantes, sobretudo, para valores médios elevados por período de coleta. A componente escoamento pelos troncos contribui com um percentual muito baixo em relação à precipitação incidente. Os totais desviados, porém, para cada tronco podem ser grandes em litros dependendo, principalmente, do “shape” da copa das árvores.

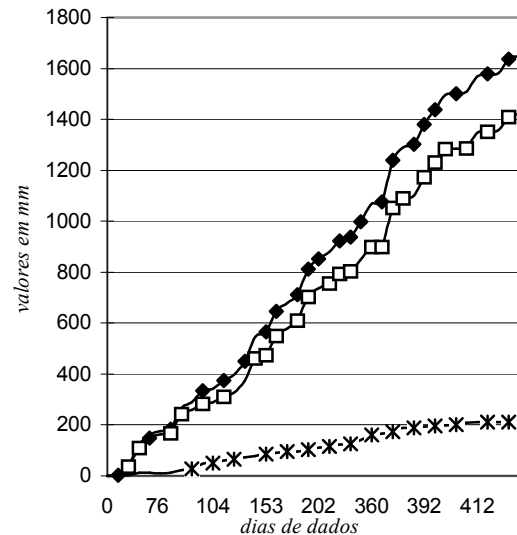
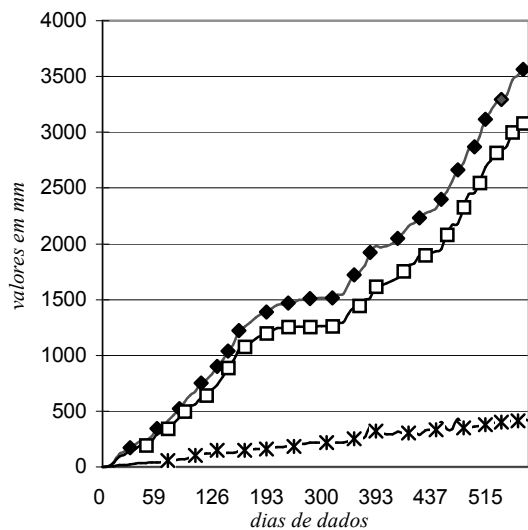
As Figuras 2(a) e 2(b) mostram um comportamento bastante similar das perdas por interceptação à curva obtida por Lloyd & Marques (1988). Estes autores estudaram 625 dias de dados, de 1983 a 1985. O valor de 8,9% encontrado para a interceptação por Lloyd e Marques não está distante dos valores apresentados neste trabalho, sendo 11,6% para Ji-Paraná e 12,9% para Marabá. A princípio, os coeficientes de precipitação livre para Ji-Paraná ( $p = 0,031$ ) e para Marabá ( $p = 0,041$ ) podem explicar o porquê dos valores maiores encontrados para as perdas por interceptação se comparados a Reserva Ducke, em Manaus. Quanto menor é o coeficiente, menor é a penetração da chuva, portanto, menor é a precipitação efetiva no solo. Isto significa valores maiores de interceptação. O erro associado à mensuração dos parâmetros coletados, relativamente alto, também poderia explicar a diferença.

A distribuição de frequência da precipitação-sob-dossel indica uma conclusão similar àquela obtida por Lloyd e Marques (1988). Há uma grande dificuldade em se conduzir um experimento para se mensurar este parâmetro, em florestas tropicais, em virtude da má distribuição verificada que leva a erros significativos no total acumulado.

#### Referências

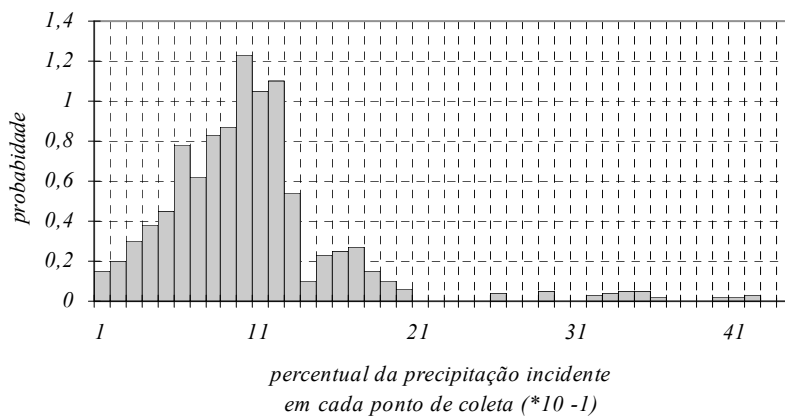
Ford, E. D., 1976. The canopy of a Scots pine forest: description of a surface of complex roughness. *Agric. Meteorology*, 17:9-32.

- Gash, J. H. C. and Stewart, J. B., 1977. The evaporation from Thetford Forest during 1975. *Journal of Hydrology*, 35: 385-396.
- Horton, R. E., 1919. Rainfall Interception. *Monthly Weather Review*, 49:603-623.
- Lloyd, C. R. and Marques, A. O., 1988. Spatial variability of throughfall measurements in Amazonian rainforest. *Agric. and For. Meteorol.*, 42:63-73.
- Lloyd, C. R., Gash, J. H. C., Shuttleworth, W. J. and Marques, A. O., 1988. The measurements and modeling of rainfall interception by Amazonian rainforest. *Agric. and For. Meteorol.*, 43:277-294.
- Shuttleworth, W. J., Gash, J. H. C., Lloyd, C. R., Moore, C. J., Roberts, J. M., Molion, L. C., Nobre, C. A., de Abreu Sa, L. D., Filho, A. O. M., Fisch, G., Januario, M., Fattori, A. P., Ribeiro, M. N. G., Cabral, O. M. R., Patel, S. R., Moraes, J. C., 1984a. Eddy correlation measurements of energy partition for Amazonian forest. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 110:1143-1162.
- Ubarana, V. N., 1994. Experimentos observacionais e modelagem das perdas por interceptação da precipitação na Floresta Amazônica. Msc. *Thesis at Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/Brasil*. INPE 5583 TDI/545.
- Valente, F. M. R. T., 1990. Interceptação da precipitação por cobertos arbóreos: as condicionantes físicas e a modelação do processo. In: *Universidade Técnica de Lisboa (Editor)*, Lisboa/Portugal.



**Figura 2a- Valores acumulados (mm) de precipitação incidente -◆-, precipitação-sob-dossel -◻-, perdas por interceptação -✱-, para a Reserva Jarú em Ji-Paraná/RO**

**Figura 2b- Valores acumulados (mm) de precipitação incidente -◆-, precipitação-sob-dossel -◻-, perdas por interceptação -✱-, para Reserva Jarú em Marabá/RO**



**Figura 3- Distribuição da precipitação-sob-dossel para a Reserva Jarú em Ji-Paraná/RO para diversas classes em milímetros acumulado por evento.**

