

INTERCEPTAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM UMA VEGETAÇÃO DO CERRADO, TOCANTINS: LEIAUTE E RESULTADOS PRELIMINARES

Moacir Florentino da Silva Júnior^{1,2}; Odair José Manfroi^{1,3} & Laura De Simone Borma^{1,4}

RESUMO --- 1) O leiaute e resultados preliminares de um experimento para determinar a interceptação anual média da precipitação pelo dossel de uma mata ciliar arbórea fechada no município de Palmas, Tocantins são apresentados; 2) Leiaute na área de estudo próxima a estação meteorológica da Universidade Federal do Tocantins (UFT), delimitou-se uma área de 10 x 50 m² dentro da mata, onde as observações da precipitação interna (TF) com 40 pluviômetros, 20 mudados para novas posições aleatórias a cada evento de chuva e 20 fixos nas mesmas posições numa área fixa de 10 x 10 m², são aferidos após cada chuva bem como o escoamento pelos troncos (SF) de 42 árvores com diâmetros a altura do peito >1 cm existentes nesta área fixa; 3) **Resultados preliminares:** observações em 5 eventos de chuva ocorridos no final da estação chuvosa 2006/07 na área fixa mostraram que da precipitação total incidente (P) de 36,4 mm nestes eventos, 87,2% apareceram no piso florestal como TF e 1,3 % como SF, havendo, portanto, uma interceptação ou perda de chuva de 11,5% nestes eventos cujas alturas pluviométricas não excedeu 20 mm; e 4) Algumas implicações destes resultados preliminares são apresentados juntamente com o regime pluviométrico na área de estudo baseado em 3 anos de registros pluviográficos.

ABSTRACT --- 1) The layout and preliminary results of an experiment to determine the amount of mean annual rainfall interception loss in a riparian closed Savanna-like forest established in Palmas, Tocantins, southeastern Amazon, are presented; 2) In the study site near the meteorological station of the Federal University of Tocantins, a forest plot of 10 x 50 m² was delimited, inside which are operated 40 raingauges to estimate throughfall (TF): 20 raingauges relocated after every storm and 20 raingauges in fixed position in a fixed subplot 10 x 10 m², in the middle of the 10 x 50 m² plot; also, in the fixed subplot, the stemflow (SF) yielded by 42 trees are observed in every storm; 3) Observations of 5 storms in the end of the current rainy season suggested that of the 36,4 mm of precipitation in the these storms 87,2 % became TF, 1,3 % SF and there was an interception loss of 11,5%; and 4) Some implications of these preliminary results, along with the rainfall regime in the study site, are presented.

Palavras-chave: Interceptação da precipitação, evapotranspiração, florestas tropicais.

1)Universidade Federal do Tocantins – Campus de Palmas

Laboratório de Hidrologia, AV. NS 15, ALC NO 14 Cep: 77020-210 Tel.: (63) 3232- 8152

2) Mestrando do Curso de Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins, Autor para correspondência: mjunior@uft.edu.br;

3) Professor substituto da Universidade Federal do Tocantins;

4) Professora Adjunto da Universidade Federal de Palmas.

1 – INTRODUÇÃO

A evaporação é o elo de ligação entre os balanços hídrico e energético, isto é, é o ponto onde a energia solar atua de forma a impulsionar o ciclo hidrológico (Campbell e Norman, 1998; Horneberger *et al.*, 1998; Dingman, 2002). Tanto o clima como o balanço hídrico regional são afetados pelas dinâmicas da evapotranspiração. O clima sul Americano é sabidamente dependente da evapotranspiração das extensas áreas de florestas de forma que os desflorestamentos podem alterar a circulação atmosférica regional tornando os eventos de El niño, por exemplo, mais frequentes e as chuvas mais escassas na região amazônica (Shuttleworth, 1988; Nobre *et al.*, 1991; Gash *et al.*, 1996; Gash e Nobre, 1997).

O balanço hídrico de uma bacia hidrográfica, por sua vez, também sofre drásticas alterações com os desflorestamentos, como demonstram uma série de experimentos em pequenas bacias hidrográficas (Bosch e Hewlett, 1982; Bruijnzeel, 1990; Brown *et al.*, 2005) e mesmo em grandes bacias hidrográficas. Na grande região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, Costa *et al.* (2003) estudaram os efeitos da expansão das culturas anuais e pastagens sobre as florestas concluindo que houve um aumento de cerca de 24% (88 mm ano⁻¹) da vazão do rio Tocantins no período entre 1979 – 1998 em comparação com o período entre 1949 – 1968. Entre estes dois períodos, a variação da precipitação média incidente não foi significativa, porém foi evidenciado um aumento de cerca de 20% das áreas agricultáveis na região. As causas do aumento da vazão foram atribuídas pelos referidos autores como sendo devidas à reduzida evapotranspiração das culturas anuais e pastagens em relação à vegetação do Cerrado associada a um maior escoamento superficial, decorrente da diminuição da infiltração.

Em uma área florestada, a evapotranspiração é composta principalmente pela evaporação de transpiração ou “dry-canopy evaporation” e evaporação de interceptação da precipitação ou “wet-canopy evaporation” (Shuttleworth, 1988; Shuttleworth, 1993). Estes dois processos, para entendimento de seus mecanismos, devem ser estudados separadamente uma vez que a transpiração, além de ser influenciada por fatores físicos, é também dependente de fatores biológicos tais como a abertura estômatal e a profundidade das raízes. Neste contexto, o objetivo central do presente trabalho é determinar a quantidade média anual de interceptação da precipitação por uma mata ciliar arbórea fechada no município de Palmas, Tocantins. Os objetivos específicos são elucidar os mecanismos de interceptação por esta vegetação do cerrado na região de transição floresta amazônica – cerrado em função de condicionantes climáticas, tais como déficit de pressão de vapor, velocidade e direção do vento e em função das características dos eventos de chuva, tais como duração, intensidade e altura pluviométrica, por meio de modelos mecanicistas/determinísticos.

2 – ÁREA EXPERIMENTAL

A área experimental está localizada na bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia no *campus* da Universidade Federal do Tocantins (UFT), município de Palmas, em uma mata ciliar arbórea fechada que ocorre próximo ao reservatório da UHE do Lajeado, às margens do rio Tocantins (Fig. 1). Esta mata, embora já bastante reduzida, é representativa das florestas fechadas que ocorrem (ou ocorriam) em Latossolos da região com o dossel principal a cerca de 16 m do piso florestal. A altitude é de 235 m e o clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw ou tropical úmido com estações úmidas e secas bem definidas. Dados observados na estação meteorológica do INMET em Palmas e da UFT, localizada próximo da área de estudo, apresentam uma precipitação média anual de 1790,5 ($\pm 348,64$) mm entre 1994 – 2005; as médias mensais neste período são mostrados na Fig. 1, à esquerda.

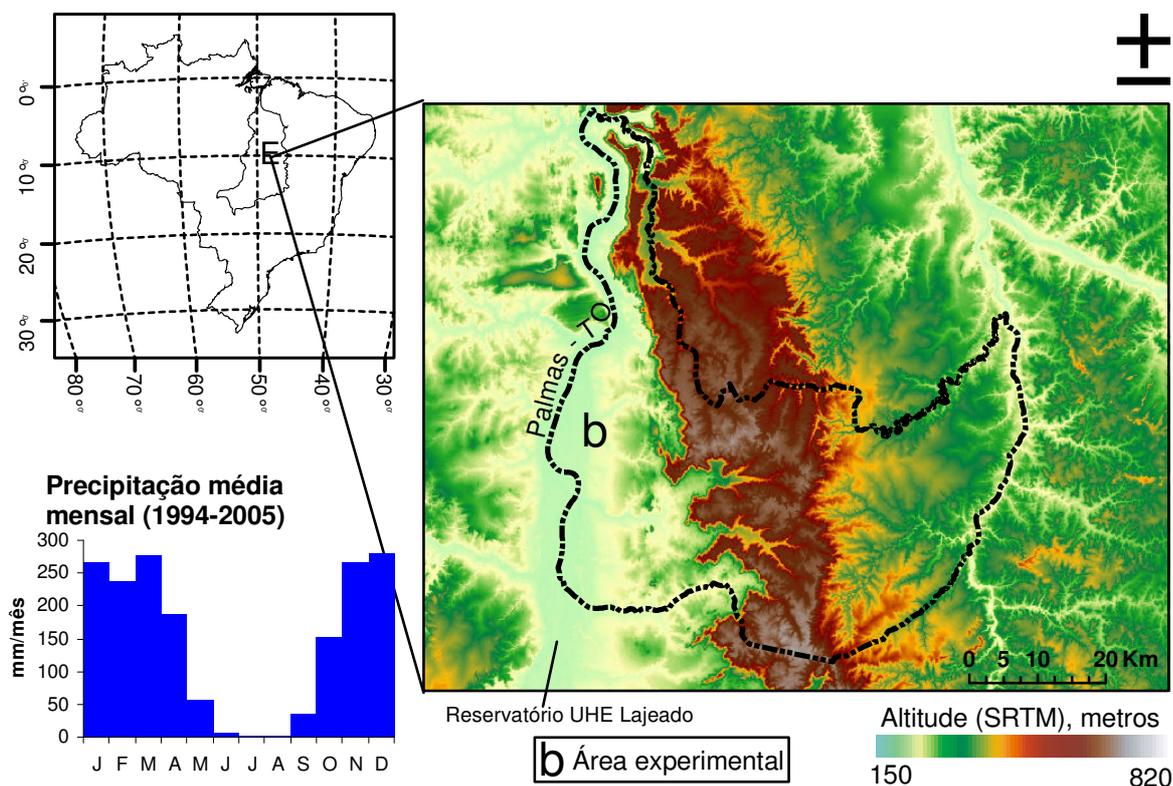


Figura – 1. Localização da área experimental na bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia no município de Palmas, Tocantins e precipitação média mensal em Palmas.

A partir dos dados observacionais, a interceptação de chuva ou evaporação de interceptação (E_i) em cada evento ou para um período com mais de um evento é quantificada indiretamente pela diferença entre a precipitação recebida acima do dossel florestal (P) ou precipitação incidente, a precipitação interna no piso florestal (TF) e o escoamento pelos troncos (SF), expressa matematicamente por:

$$E_i = P - TF - SF \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

Todos os dias úteis da semana, pela manhã, os pluviômetros no aberto são visitados e, havendo água nos mesmos, efetuam-se as medições de P(n=2), TF(n=40) e SF(n=42) acumuladas nos recipientes com cilindros graduados a 1 mL, 5 mL e 10 mL e capacidades para 100 ml, 500 ml e 1 L respectivamente. O volume em mL é convertido para altura pluviométrica, isto é, milímetros usando a área do funil. No caso do SF, a transformação do volume é feita dividindo-se o mesmo pela área fixa, isto é, 100 m² uma vez que o SF de todas as árvores ali existentes são monitoradas.

4 – RESULTADOS

4.1 – Regime pluviométrico na área de estudo

Características do regime pluviométrico local tais como altura pluviométrica total precipitada, duração, intensidade e hora do dia de ocorrência dos eventos de chuva estão diretamente relacionadas às quantidades de chuva interceptadas por uma floresta. Isto se deve ao fato destes fatores, juntamente com muitos outros, influenciarem as quantidades de evaporação durante e após os eventos de chuva. O regime pluviométrico na área de estudo foi analisado com dados do pluviógrafo basculante (0,1 mm/tip) em operação na estação meteorológica da UFT, próximo da área de estudo (Fig.1).

Na Fig. 3, a variação temporal de altura total precipitada a cada 5 min entre 01/jul/2002 e 30/jun/2005 – 3 anos hidrológicos – foi transformada em mm/mês, mm/hora do dia nos 3 anos e mm/hora/mês. A partir da análise desta figura, nestes 3 anos que incluem o evento de El Niño 2002/03, as maiores quantidades de chuva ocorreram entre 14 e 17 h de um dado dia, isto é, o ciclo diurno da precipitação em Palmas apresenta pico de ocorrência na parte da tarde. Tal como em outras regiões tropicais, este pico origina-se pela contribuição das chuvas convectivas resultantes do superaquecimento da superfície e ascensão vertical de parcelas de ar devido à abundante radiação solar incidente (Lloyd, 1990; Matsuyama *et al.*, 2002; Ahrens, 2005). De modo geral, porém, os eventos de chuva ocorrem bem distribuídos durante as horas do dia na estação chuvosa, principalmente aqueles com pequenas alturas pluviométricas. Portanto, as condições ambientais tais como radiação, déficit de pressão de vapor, velocidade e direção do vento são provavelmente

bastante diversas durante as horas chuvosas ou entre eventos o que sugere ser necessário um número considerável de eventos para determinar a interceptação média anual.

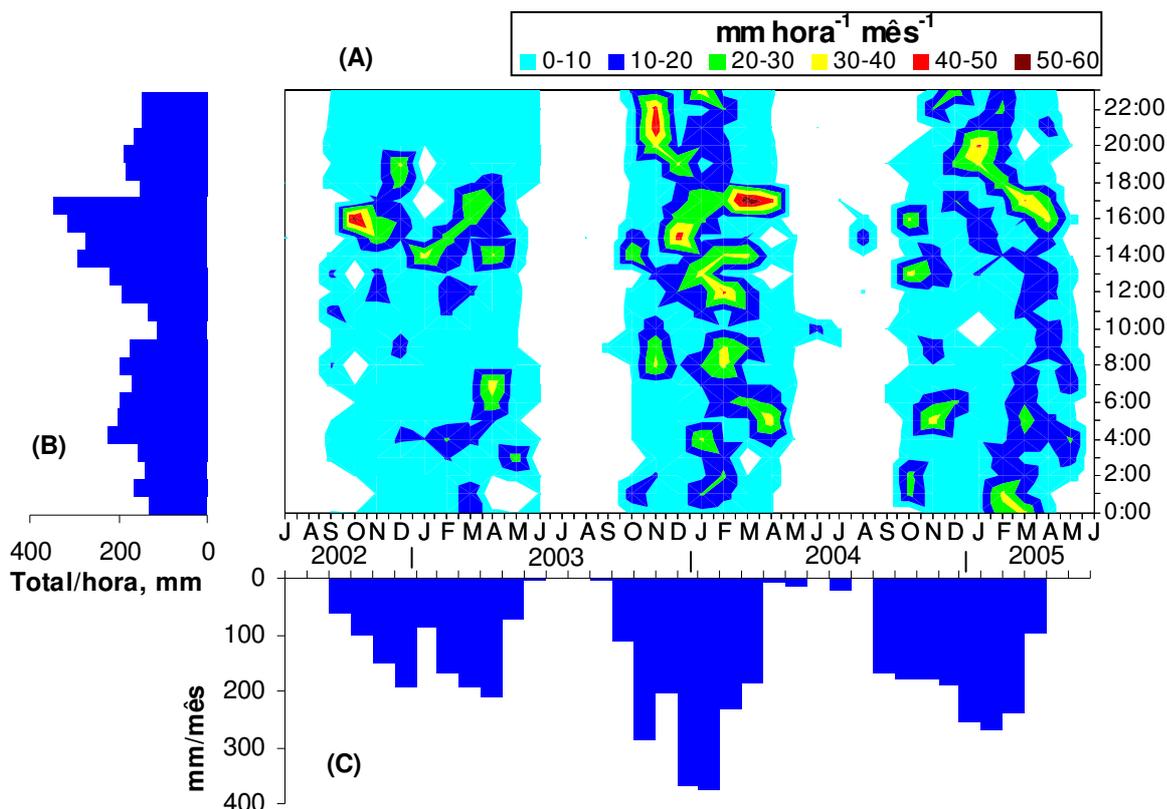


Figura - 3. Regime pluviométrico na área de estudo entre 01/jul/2002 e 30/junho/2005. [Nota: (A) “Grid” interpolado da altura pluviométrica total em cada hora do dia e mês; (B) Altura pluviométrica total precipitada na mesma hora do dia durante os 3 anos; e (C) altura pluviométrica total em cada mês dos 3 anos.]

Admitindo-se um período mínimo de 6 horas sem precipitação entre um evento e seu subsequente e eliminando eventos com menos de 0,2 mm ou “tips” isolados, como mostrado na Tab. 2, houve 433 eventos de chuva nos 3 anos acima, sendo a maioria, 223, com uma altura pluviométrica menor do que 5 mm. No entanto, dos cerca de 4592.6 mm de precipitação ocorridos nos 3 anos, 60,6 % deveu-se a 79 eventos, 26/ano, cujas alturas pluviométricas foram maiores do que 20 mm (Tab. 2). Considerando todos os eventos, a intensidade média dos mesmos foi de 1,9 mm/h já os eventos com mais de 20 mm de altura precipitada apresentaram intensidade de 3,0 mm/h. Estes valores de intensidade são pelo menos 1 mm/h menores que em outras localidades nos trópicos onde se conduziu experimentos de interceptação (Lloyd *et al.*, 1988; Lloyd, 1990; Ubarana, 1996; Manfroi, 2006).

Tabela - 1. Sumário dos eventos de chuva, período seco > 6 horas entre eventos, por classe de altura pluviométrica total precipitada no evento. **

Classes de alturas pluviométricas, mm	Nº de Eventos	P Total		Horas de chuva	I, mm/h
		mm	%		
< 5 mm	223	347.6	7.6	694.7	0.5
5-10 mm	59	424.2	9.2	408.0	1.0
10-15 mm	41	512.8	11.2	232.5	2.2
15-20 mm	31	525.9	11.5	229.9	2.3
>20 mm	79	2782.1	60.6	899.7	3.1
Total (01/jul/02 – 30/jun/05)	433	4592.6	100.0	2464.8	1.86

** Dados medidos entre 01/julho/2002 – 30/junho/2005 na estação meteorológica da UFT com um pluviógrafo basculante (0,1 mm/tip) 2 m acima do solo e a lâmina total acumulada a cada 5 min armazenada em CR10X “data-logger”.

4.2 – Fracionamento da precipitação sob o dossel florestal em 5 eventos de chuva

Embora o experimento tenha sido planejado para funcionar de 01/julho/2007 a 30/junho/2008, um ano hidrológico, os pluviômetros de P no aberto, TF fixo e os sistemas de medida do SF na área fixa (Fig. 2) ficaram prontos em 20 de abril, final da estação chuvosa 2006/07, permitindo a observação de 5 eventos de chuva até meados de maio, a partir do qual teve início a estação seca. Nestes 5 eventos foram registrados 36,4 mm de chuva dos quais 87,2 % (Desv. Pad. = 17,50%, n = 20) atingiram o piso florestal como TF, 1,3% como SF, sugerindo uma perda ou fração interceptada (Ei) pelo dossel de 11, 5% (Tab. 2).

A Fig. 4 apresenta a fração interceptada (Ei/P) em função da precipitação incidente (P). Como era esperado, Ei/P decresce com a altura pluviométrica (P), sugerindo interceptação próxima a 10% para eventos de chuva com altura pluviométrica maior do que 15 mm. A Fig. 5 mostra a relação entre o volume escoado pelos troncos (SF) das 42 árvores e respectivos DAP. Fica evidente nesta figura que muitas árvores de tamanho reduzido e localizadas sob as copas de outras podem produzir quantidades elevadas de escoamento pelos troncos.

Tabela - 2. Fracionamento da precipitação incidente em 5 eventos de chuva em precipitação interna (TF), escoamento pelos troncos (SF) e evaporação de interceptação (Ei).

No Ev.	P, mm	mm			%		
		TF	SF	Ei	TF/P	SF/P	Ei/P
1	1.9	1.3	0.0	0.6	67.3	0.2	32.5
2	7.0	5.9	0.1	1.0	84.2	1.1	14.8
3	16.0	14.3	0.3	1.4	89.6	1.9	8.5
4	1.3	0.5	0.0	0.9	34.7	0.3	65.0
5	10.1	9.8	0.1	0.3	96.2	0.9	2.9
Total	36.4	31.7	0.5	4.2	87.2	1.3	11.5

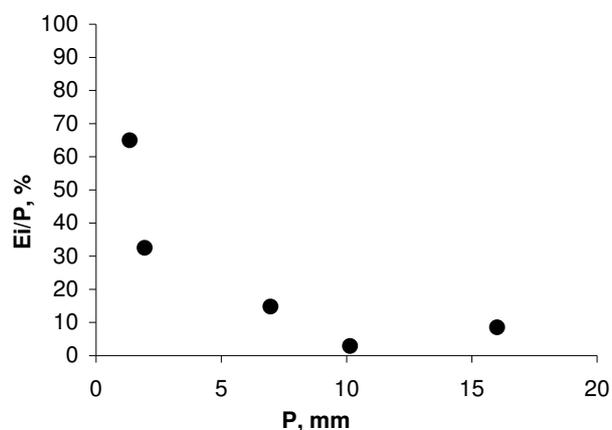


Figura - 4. Relação da altura pluviométrica e a fração da mesma interceptada pela floresta em 5 eventos de chuva.

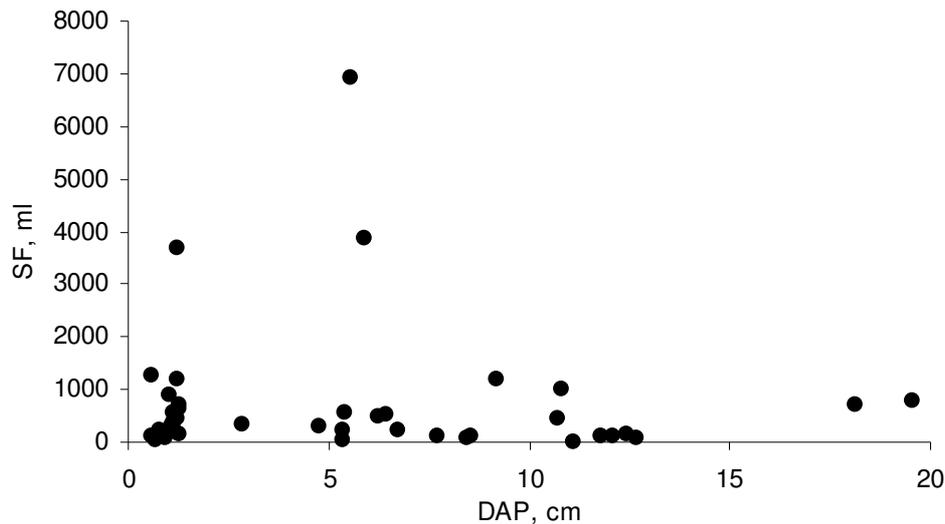


Figura - 5. Relação entre o diâmetro a altura do peito (DAP) de cada uma das 42 árvores observadas e o escoamento pelo tronco (SF) produzido pelas mesmas no evento de chuva do dia 02/05/2007 (Tab. 1).

5 – CONCLUSÕES

Os resultados preliminares apresentados sugerem uma interceptação de 11,5% para a floresta arbórea fechada da região de transição cerrado-floresta amazônica no estado do Tocantins. Esse valor encontra-se dentro dos 5 – 15% usualmente obtidos em regiões tropicais úmidas e sub-úmidas (Clarke, 1987; Bruijnzeel, 1990; Leopoldo *et al.*, 1995; Manfroi, 2006). Nas formações vegetais típicas do cerrado, uma vez que dominam formações florestais muito menos densas do que na área do presente estudo e nas florestas tropicais úmidas, o número de estudos de interceptação é ainda bastante reduzido, dificultando a obtenção de dados comparativos. Tal deficiência de estudos pode ser advinda da dificuldade inerente de se estudar a interceptação em vegetação esparsa, vegetação rasteira e serrapilheira, características das fisionomias vegetais do Cerrado.

Considerando as características dos eventos de chuva apresentadas para a área de estudo, onde cerca de 60 % da altura pluviométrica total anual ocorre em eventos com >20 mm, e o fracionamento da precipitação nos 5 eventos estudados na área fixa, especula-se que a interceptação média anual da precipitação ao final do período hidrológico analisado, ou seja, em 30 de junho de 2008, seja algo em torno de 10% (270,1 mm). Muitos fatores podem, porém, frustrar tal previsão sendo um deles a relativamente baixa intensidade dos eventos de chuva na região de estudo o que pode sugerir maior evaporação durante os eventos e, portanto, maior interceptação.

BIBLIOGRAFIA

- AHRENS, C. D. (2005) *Essentials of Meteorology - An Invitation to the Atmosphere*. New York: Brooks Cole. 463 p.
- BOSCH, J. M.; J. D. HEWLETT (1982). "A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration." *Journal of Hydrology*, v.55, p.3-23.
- BROWN, A. E., *et al.* (2005) "A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation". *Journal of Hydrology*, v.310, n.1-4, p.28.
- BRUIJNZEEL, L. A. (1990) *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review*. Paris: UNESCO. 224 p.
- CAMPBELL, G. S.; J. M. NORMAN (1998). *Introduction to environmental biophysics*_Springer. 316 p.
- CLARKE, R. T (1987) "The interception process in tropical rain forest: a literature review and critique". *Acta Amazonica*, v.16/17, p.225-238.
- COSTA, M. H., *et al.* (2003) "Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia". *Journal of Hydrology*, v.283, n.1-4, Dec, p.206-217. 2003.
- DINGMAN, S. L. (2002). *Physical hydrology*. Upper Saddle River: Prentice Hall. 2002. 646 p.
- GASH, J. H. C.; C. A. NOBRE. (1997) "Climatic effects of Amazonian deforestation: Some results from ABRACOS. *Bulletin of the American Meteorological Society*". v.78, n.5, May, p.823-830.
- GASH, J. H. C., *et al.* (1996) Eds. *Amazonian deforestation and Climate*. Chichester: John Wiley & Sons.
- HORNEBERGER, G. M., *et al.* (1998) *Elements of physical hidrology*. Virginia: The Johns Hopkins University Press.
- LEOPOLDO, P. R., *et al.* (1995) "Real evapotranspiration and transpiration through a tropical rain forest in central Amazonia as estimated by the water balance method. *Forest Ecology and Management*". v.73, n.1-3, p.185-195.
- LLOYD, C. R. (1990) "The Temporal Distribution of Amazonian Rainfall and Its Implications for Forest Interception. *Q. J. R. Meteorol. Soc*", v.116, n.496, Oct, p.1487-1494.
- LLOYD, C. R., *et al.* (1988) "The measurement and modeling of rainfall interception by Amazonian rainforest. *Agric. For. Meteorol*", v.43, p.277-294. 1988.
- MANFROI, O. J. (2006) "Evaluating evaporation of intercepted rainfall in Lambir Hills National Park, Sarawak, Malaysia by observation and modelling". (Doctoral Thesis). University of Tokyo, 165 p.
- MATSUYAMA, H., *et al.*(2002) "Spatial and temporal variabilities of rainfall in tropical South America as derived from Climate Prediction Center merged analysis of precipitation." *International Journal of Climatology*, v.22, n.2, Feb, p.175-195.
- NOBRE, C. A., *et al.* (1991) "Amazonian Deforestation and Regional Climate Change". *Journal of Climate*, v.4, n.10, Oct, p.957-988. 1991.
- SHUTTLEWORTH, W. J. (1988). "Evaporation from Amazonian rainforest." *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences*, v.233, p.321-346.
- SHUTTLEWORTH, W. J. (1993) *Evaporation*. In: D. R. Maidment (Ed.). *Handbook of hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- UBARANA, V. N. (1996). "Observations and Modelling of rainfall interception at two experimental sites in Amazonia". In: J. H. C. Gash, C. A. Nobre, C. A. Roberts e R. L. Victoria (Ed.). 1. New York: John Wiley & Sons, p.151—162.