

Estimativa do Armazenamento de Água no Solo em um Local de Amazônia Usando um Modelo de Balanço.

Javier Tornasella¹

¹Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/INPE Cachoeira Paulista/SP

Martin G. Hodnett²

²Institute of Hydrology/NERC Wallingford/Oxfordshire/UK

Carlos A. Nobre¹

Abstract

This paper presents the application and verification of a simple soil water balance model at the ABRACOS Amazonian site in Rondônia. The model use daily rainfall data as the only input variable, and successfully predicts the storage and evaporation time variation.

Introdução

O ciclo hidrológico é resultado da interação do clima com atributos biogeofísicos da superfície, no qual inclui-se o solo. O clima é determinante das condições da superfície, pois atua no processo de formação do solo e do desenvolvimento da vegetação. Ao mesmo tempo, a superfície exerce influência sobre o clima, pois tem um marcante controle da evaporação e, em consequência, da quantidade de energia que é transferida à atmosfera na forma de calor latente e sensível.

Durante o Projeto ABRACOS, dados micrometeorológicos e de água no solo foram coletados por um período inferior a 4 anos em locais de pastagem e de floresta em três sítios da Amazônia: Manaus, Ji-Paraná e Marabá. Com a finalidade de determinar a representatividade das medições do Projeto ABRACOS, Hodnett et al. (1996b) ajustaram um modelo simples de água no solo na região de Manaus.

O objetivo deste trabalho é a aplicação e verificação desse modelo para os locais de pastagem e floresta em Ji-Paraná (RO).

Descrição dos Locais e Instrumentação

Uma descrição detalhada dos locais e instrumentação é apresentada por Wright et al. (1992) e Gash et al. (1996). Para uma melhor compreensão do texto, faz-se uma descrição sintética dos locais.

A área de pastagem localiza-se na Fazenda Nossa Senhora (10° 45' S, 62° 22' W). É uma pastagem criada 12 anos atrás por queimadas e posterior semeadura com gramíneas rústicas. No local foi instalada uma estação meteorológica automática (Bastable et al., 1992) e 5 tubos de acesso para sonda de neutrons, que permitiram medir a umidade de água no solo até uma profundidade de 3,6 m.

O local de floresta situa-se na Reserva Jaru (10° 05' S, 61° 55' W), que apresenta uma altura média de 33 m. A estação meteorológica automática foi instalada no topo de uma torre de 50 m de altura. Os tubos de armazenamento de água no solo (7 no total) foram localizados próximos à torre. Devido à presença do basamento rochoso, a profundidade dos tubos varia entre 2 e 3,6 m.

A série de dados disponíveis foi subdividida em dois períodos: o primeiro período (set/90 - dez/93) foi utilizado na fase de calibração do modelo, e o segundo (dez/93-fev/95) na verificação do modelo, usando observações não utilizadas na fase de calibração.

Descrição do Modelo

O modelo se baseia na equação de balanço de água no solo:

$$S_{t+1} = S_t + [(P - I) - E - D_r] \Delta t \quad (1)$$

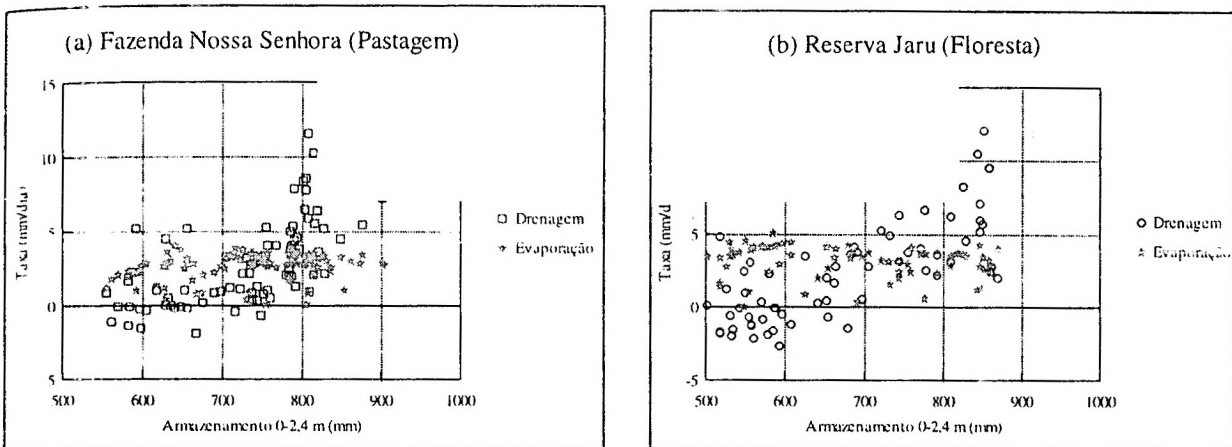
onde S é o armazenamento do perfil [mm], P , I , E , e D_r são a taxa de precipitação, interceptação, evaporação e drenagem profunda [mm/dia] entre o tempo t e $t+1$; e Δt é o intervalo de tempo [d]. A taxa de drenagem inclui escoamento superficial, no entanto estudos prévios sugerem que é desprezível se comparado ao escoamento base (Nortcliff e Thornes, 1981). O armazenamento resulta da integração dos valores de umidade ao longo do perfil que, neste trabalho, corresponde aos primeiros 2,4 m do perfil.

Na pastagem, a interceptação foi considerada desprezível. Na floresta, foi calculada usando o modelo analítico de Gash (1979), com os parâmetros obtidos por Ubarana e Nobre (1994) para a Reserva Jaru.

As figuras (1a) e (1b) mostram a relação existente entre drenagem profunda e a evaporação em função do armazenamento de água no solo. A evaporação foi calculada através da fórmula de Penman-Monteith (Monteith,

1965), utilizando a parametrização obtida por Wright et al (1996) para ambos locais. A drenagem profunda foi estimada diretamente da equação (1).

A comparação das figuras (1a) e (1b) mostram a diferença entre pastagem e floresta durante períodos secos: quando o armazenamento é menor que aproximadamente 650 mm na pastagem, observa-se uma redução da evaporação devido ao déficit hídrico. No entanto, na floresta esse efeito não ocorre devido à extração profunda do sistema radicular. Esse comportamento já tinha sido observado por Hodnett et al. (1996) na Fazenda Dimona em Manaus.



Figuras 1: Relação entre a drenagem e a evaporação em função do armazenamento de água no solo na pastagem (a) e floresta (b) de Ji-Paraná (RO).

Para armazenamento de água no solo elevados, observa-se uma redução na taxa de evaporação, tanto na floresta como na pastagem. Essa redução está associada ao aumento de nebulosidade durante períodos chuvosos, o que reduz a energia disponível e conseqüentemente a evaporação.

A comparação entre as curvas de drenagem da floresta e da pastagem mostram diferenças maiores para valores de armazenamento baixos. No caso da floresta, pode-se observar a ocorrência freqüente de valores negativos de drenagem. Como fora mostrado por Hodnett et al. (1996), isto está associado ao processo de extração profunda que se verifica na floresta durante a estação seca.

A figuras (1a) e (1b) mostram que a evaporação pode ser estimada utilizando relações lineares em função do armazenamento, similares às utilizada por Hodnett et al. (1996):

$$\begin{cases}
 \text{Pastagem} \begin{cases} E_t = a \frac{S_t}{D} + b \rightarrow S_t < S_0 \\ E_t = c \frac{S_t}{D} + d \rightarrow S_t \geq S_0 \end{cases} \\
 \text{Floresta} \begin{cases} E_t = E_{VM} \rightarrow S_t < S_0 \\ E_t = c \frac{S_t}{D} + d \rightarrow S_t \geq S_0 \end{cases}
 \end{cases} \quad (2)$$

sendo a, b, c, d e E_{VM} parâmetros de ajuste, D é a profundidade [mm] em que é calculado o armazenamento S . O valor de S_0 é indiretamente estimado do ajuste dos parâmetros.

Da mesma forma como verificado no caso da Fazenda Dimona, a drenagem profunda mostra uma relação exponencial com o armazenamento. Neste trabalho, usou-se a seguinte aproximação:

$$Dr_t = \exp\left(\frac{e}{D} S_t + f\right) + g \quad (3)$$

sendo e, f e g parâmetros de ajuste.

A equação de balanço é resolvida diariamente, de forma explícita, seguindo os seguintes passos:

- 1) Calcula-se a interceptação entre os dias t e $t+1$ no caso da floresta.
- 2) Calcula-se a evaporação e a drenagem profunda usando o armazenamento S_t conforme as equações (2) e (3).
- 3) Calcula-se o armazenamento S_{t+1} usando a equação 1.

Na fase de ajuste, os parâmetros foram estimados utilizando o procedimento de Roserbrock (1960), visando minimizar a seguinte função objetiva:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{S_{c,t+1} - S_{o,t+1}}{S_{o,t+1}} \right)^2 + \left(\frac{CE_{c,t+1} - CE_{o,t+1}}{CE_{o,t+1}} \right)^2 \quad (4)$$

onde CE é a evaporação acumulada entre o tempo t e $t+1$. Os subíndice c e o indicam os valores observados e calculados respectivamente.

Resultados

A tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros obtidos do processo de otimização. Pode-se observar que os parâmetros c e d , que refletem a relação existente entre evaporação e armazenamento em períodos úmidos são muito similares em floresta e pastagem. O parâmetro E_{VM} , que representa a evaporação média durante a estação seca, é muito próximo aos valores encontrados em Manaus (Hodnett et al., 1996).

No entanto, podem ser observadas diferenças maiores nos parâmetros e , f e g que controlam a drenagem interna do perfil. tal fato pode ser atribuído a diferenças nas propriedades físicas dos solos, a presença do freático próximo à superfície e a extração radicular a profundidade maiores que 2,4 m no caso da Reserva Jaru.

Tabela 1: parâmetros ajustados na Fazenda Nossa Senhora (NS) e na Reserva Jaru (RJ)

Parâmetro	a	b	c	d	E_{VM}	e	f	g
NS	46,02	-9,39	-7,46	5,48	-	39,59	11,63	-0,90
RJ	-	-	-7,38	5,80	3,69	17,19	3,71	-2,61

A figura 2 apresenta os gráficos dos valores observados e preditos de (a) armazenamento e (b) evaporação no caso da Fazenda Nossa Senhora. Na figura (3) são apresentados os mesmos gráficos para a Reserva Jaru. No caso da Reserva Jaru, é apresentado ainda uma estimativa da extração profunda, que corresponde aos valores negativos acumulados de drenagem, calculados pela equação (3). A extração profunda é um indicativo da intensidade e duração da estação seca. A tabela 2 apresenta o coeficiente de determinação obtido na fase de ajuste e verificação em ambos locais.

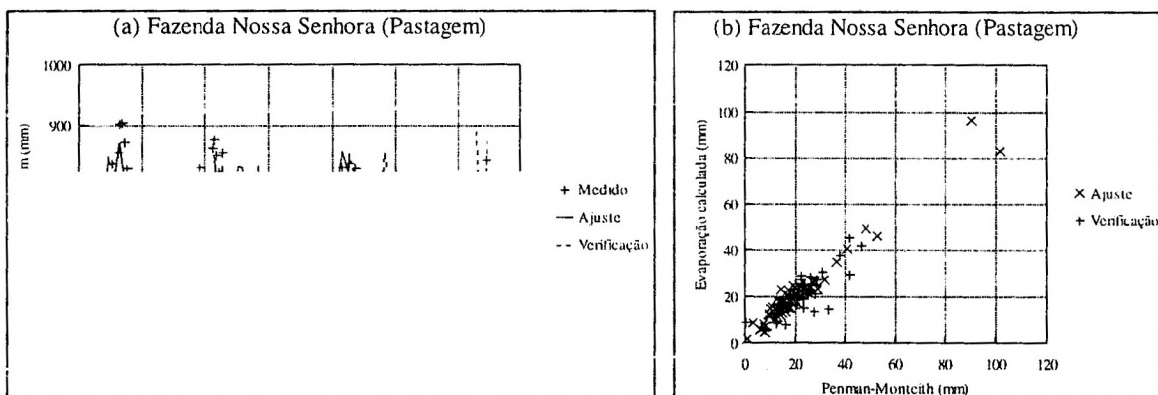


Figura 2: Comparação entre valores de (a) armazenamento medidos e calculados pelo modelo e de (b) evaporação calculada por Penman-Monteith e pelo modelo na pastagem de Ji-Paraná.

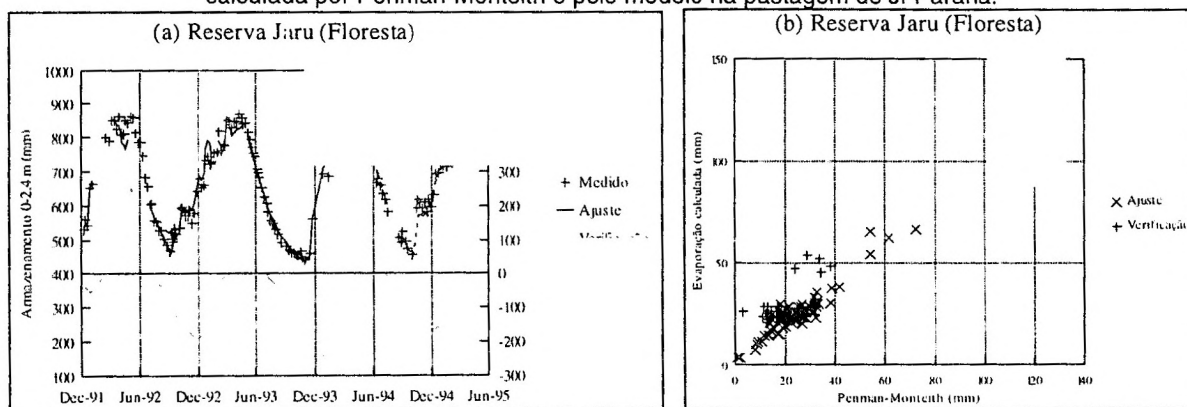


Figura 3: Comparação entre valores de (a) armazenamento medidos e calculados pelo modelo e de (b) evaporação calculada por Penman-Monteith e pelo modelo na floresta de Ji-Paraná.

Pode-se observar a qualidade do ajuste dos valores do armazenamento, na fase de ajuste bem como na verificação apresentam coeficientes de determinação altamente significativos. Já no caso da evaporação, ocorre uma deterioração na qualidade do ajuste na fase de verificação. Tal fato pode ser explicado pela extrema simplicidade da aproximação, que não contempla o controle exercido pela atmosfera sobre o processo de evaporação. No entanto, a aproximação para a estimativa de evaporação consegue explicar a maior parte da variabilidade de um processo altamente complexo, o qual é considerado aceitável para a finalidade perseguida pelo modelo.

Tabela 2: Coeficiente de determinação R para os valores de armazenamento e evaporação.

Local		Armazenamento	Evaporação
Nossa Senhora	Ajuste	0,965	0,965
(Pastagem)	Verificação	0,970	0,810
Reserva Jaru	Ajuste	0,985	0,967
(Floresta)	Verificação	0,969	0,780

Conclusões

O trabalho mostra que o armazenamento de água no solo na Amazônia pode ser simulada por aproximações muito simples. Considerando que um modelo similar mostrou-se adequado no caso de locais de pastagem e floresta próximos a Manaus, pode-se esperar que possa ser generalizado para outros locais da Amazônia.

Agradecimentos

o presente trabalho contou com o apoio financeiro do CNPq.

Referências Bibliográficas

- Bastable, H.G., Shuttleworth, W.J., Dallarosa, R.L.G., Fisch, G., Nobre, C.A. 1993. Observation of climate, albedo and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian Forest. *Int. J. of Climatology.*, v.13, p. 783-796.
- Gash, J.H.C. 1979. An analytical model of rainfall interception by forest. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, v. 105, p. 43-55.0
- Gash, J.H.C., Nobre, C.A., Roberts, J.M., Victoria, R.L. 1996. An overview of ABRACOS. p. 1-14. in: Gash, J.H.C., Nobre, C.A., Roberts, J.M., Victoria, R.L (eds). *Amazonian deforestation and climate*. John Wiley. Chichester. UK.
- Hodnett, M.G., Tomasella, J., Marques Filho, A. de O, Oyama, M.D. 1996. Deep soil water uptake by forest and pasture in central Amazonia: predictions from long-term daily rainfall data using a simple water balance model. p. 79-99. in: Gash, J.H.C., Nobre, C.A., Roberts, J.M., Victoria, R.L (eds). *Amazonian deforestation and climate*. John Wiley. Chichester. UK.
- Monteith, J.L. 1965. Evaporation and the environment. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 19, 205-234.
- Nortcliff, S., Thornes, J.B., 1981. Seasonal variation in the hydrology of a small forested catchment near Manaus, Amazonas, and its implications for management. In: Lal, R, Russell, E.W. (eds). *Tropical Agricultural Hydrology*. John Wiley. Chichester, UK.
- Ubarana, V N., Nobre, C.A. 1994. Experimentos observacionais e modelagem de perdas por interceptação da precipitação na floresta Amazônica. p. 85-88. In: *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Belo Horizonte.
- Rosenbrock, H.H. 1960 An automatic method for finding the greatest or least value of a function. *Computer J.*, 3, 175-184.
- Wright, I.R., Gash, J.H.C., da Rocha, H.R., Roberts, J.M. 1996. Modelling surface conductance for Amazonian pasture and forest. p.437-457. in: Gash, J.H.C., Nobre, C.A., Roberts, J.M., Victoria, R.L (eds). *Amazonian deforestation and climate*. John Wiley. Chichester. UK.