

GENERALIZAÇÃO DO CRITÉRIO DE INICIAR O BALANÇO HÍDRICO REFERENTE AO
MÉTODO DE THORNTHWAITE E MATHER

Durval Dourado Neto¹
Quiryn de Jong van Lier²
José Carlos Ometto³

RESUMO

THORNTHWAITE e MATHER (1955) propuseram um método, para realização do balanço hídrico cíclico, assumindo que o solo se encontra com um armazenamento máximo (com um teor de água correspondente à capacidade de campo) no último período da estação úmida. MENDONÇA (1958) propôs um critério de iniciar o balanço hídrico, quando se tem apenas uma estação chuvosa, considerando que a hipótese dos proponentes é válida somente quando a soma dos saldos positivos referentes à estação chuvosa, dada pela soma das diferenças entre os valores de precipitação pluvial e evapotranspiração, for superior à capacidade de água disponível. Caso contrário, o armazenamento, correspondente ao último período da estação úmida, é estimado em função da soma dos saldos positivos e negativos referentes às estações úmida e seca, respectivamente. O presente trabalho tem por objetivo generalizar o critério de iniciar o balanço hídrico proposto por MENDONÇA (1958) referente ao método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para qualquer número de estações úmidas.

Palavras-chave: Balanço hídrico. Método de THORNTHWAITE e MATHER. Critério de MENDONÇA.

GENERALIZATION OF THE CRITERION FOR INITIATING THE WATER BALANCE REFERRING
TO THE METHOD OF THORNTHWAITE AND MATHER

SUMMARY

THORNTHWAITE and MATHER (1955) proposed a method for the realization of the cyclic water balance, assuming the soil being with a maximum water content (corresponding to field capacity) in the last period of the rainy season. MENDONÇA (1958) proposed a criterion for initiating the water balance when there is only one rainy season, considering that the hypothesis of the proponents is only valid when the sum of the positive remainders referring to the rainy season, given by the sum of differences between the pluviometric precipitation and the evapotranspiration is higher than the available water capacity. If this condition is not satisfied, the water storage, corresponding to the last period of the rainy season is estimated in function of the sum of positive and negative remainders referring to the rainy and dry seasons, respectively. The aim of this work is to generalize the initiating-criterion of the water-balance proposed by MENDONÇA (1958), referring to the method of THORNTHWAITE and MATHER (1955), for any number of rainy seasons.

Key-words: Water balance. Method of THORNTHWAITE and MATHER. Criterion of MENDONÇA.

1. Introdução

O método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) é amplamente utilizado devido a exigência de dados de fácil obtenção (temperatura, °C; precipitação pluvial, mm; latitude local e capacidade de água disponível, mm).

O critério de MENDONÇA (1958) é restrito a apenas uma estação chuvosa, o que normalmente ocorre quando se faz o balanço hídrico cíclico mês a mês. Quando o balanço hídrico é realizado para períodos menores, há possibilidade de ocorrer mais de uma estação úmida durante o ano.

A definição do número de dias que seja ótimo para compor o período é função do objetivo do estudo. Porém, a experiência tem demonstrado que, para estudos na área de Agricultura, esse número varia entre três e dez dias.

Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo generalizar o critério de iniciar o balanço hídrico proposto por MENDONÇA (1958) referente ao método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para qualquer número de estações úmidas.

¹Professor Assistente, Departamento de Agricultura, ESALQ, USP, C.P. 9, Piracicaba-SP, CEP: 13.400.

²Estudante de Pós-Graduação, Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, ESALQ, USP, C.P. 9, Piracicaba-SP, CEP: 13.400.

³Professor Associado, Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ, USP, C.P. 9, Piracicaba-SP, CEP: 13.400.

2. Hipótese basilar do método de THORNTHWAITE e MATHER (1955)

A hipótese basilar do método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) é de que a taxa de perda de água no solo varia linearmente com o armazenamento. Sendo assim, verifica-se que o armazenamento (Arm, mm) varia exponencialmente com o módulo do negativo acumulado (Li, mm):

$$Arm = CAD \cdot e^{-\frac{Li}{CAD}} \quad (1)$$

onde CAD refere-se à capacidade de água disponível (mm).

3. Critério de iniciar o balanço hídrico, segundo MENDONÇA (1958), no caso de uma estação úmida

MENDONÇA (1958) reescreveu a equação (1), criando fatores adimensionais, no intuito de determinar o módulo do negativo acumulado referente ao último período da única estação úmida, quando a soma dos saldos positivos referentes à mencionada estação, dada pela soma das diferenças entre os valores de precipitação pluvial e evapotranspiração, for inferior à capacidade de água disponível:

$$\alpha = e^{-\lambda} \quad \left[\text{sendo que: } \alpha = \frac{Arm_i}{CAD} \text{ e } \lambda = \frac{Li}{CAD} \right] \quad (2)$$

onde α e λ são fatores adimensionais referentes ao armazenamento de água no solo e ao módulo do negativo acumulado, por unidade de capacidade de água disponível, no i-ésimo período, respectivamente.

MENDONÇA (1958) criou um sistema de duas equações referentes aos valores desses fatores adimensionais nos últimos períodos das estações úmida e seca, respectivamente (Figuras 1 e 2):

$$\text{quando: } \lambda = x \quad \rightarrow \quad \alpha = y + p \quad (\text{último período da estação úmida}) \quad (3)$$

$$\text{quando: } \lambda = x - n \quad \rightarrow \quad \alpha = y \quad (\text{último período da estação seca}) \quad (4)$$

onde os fatores adimensionais n e p são assim definidos:

$$p = \frac{P}{CAD} \quad \left[\text{sendo que: } P = \sum_{i=p_{ui}}^u (C_i - ET_i); \text{ Ise } (C_i - ET_i) > 0 \right] \quad (5)$$

$$n = \frac{N}{CAD} \quad \left[\text{sendo que: } N = \sum_{i=p_{si}}^s (C_i - ET_i); \text{ Ise } (C_i - ET_i) < 0 \right] \quad (6)$$

onde x é o módulo do valor inicial do negativo acumulado referente ao último período da única estação úmida; e y é o armazenamento residual, por unidade de capacidade de água disponível, referente ao último período da estação seca; C_i é a altura de chuva (mm.período⁻¹) e ET_i é a evapotranspiração (mm.período⁻¹) de interesse referentes ao i-ésimo

período; s e u referem-se ao número de períodos das estações seca e úmida, respectivamente; e p_{si} e p_{ui} referem-se ao número de ordens do primeiro período das estações seca e úmida, respectivamente.

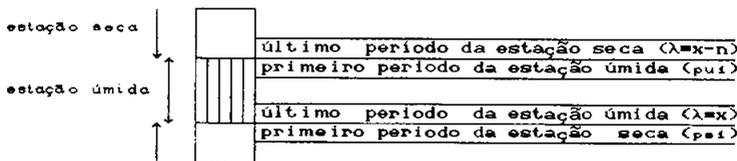


Figura 1: Representação esquemática do critério de MENDONÇA (1958) para uma estação úmida e uma estação seca para realização do balanço hídrico.

id	α	Arm	θ
1	1	CAD	θ_{cc}
2	y+p	(y+p) . CAD	(y+p)($\theta_{cc} - \theta_{pmp}$) + θ_{pmp}
3	y	y . CAD	y($\theta_{cc} - \theta_{pmp}$) + θ_{pmp}
4	0	0	θ_{pmp}

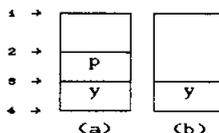


Figura 2: Representação esquemática do armazenamento e do teor de água: (a) no final da estação úmida [quando (y+p) < 1]; e (b) no final da estação seca segundo critério de MENDONÇA (1958).

Combinando as equações (2), (3) e (4) verifica-se que:

$$x = - \ln \left[\frac{P}{1 - e^{-n}} \right] \quad (7)$$

O cálculo do módulo do negativo acumulado referente ao último período da estação úmida, cujo número de ordem é $i-1$, é feito através da seguinte expressão:

$$Li-1 = x.CAD \quad (8)$$

Para o cálculo do armazenamento referente ao i -ésimo período, correspondente ao primeiro período da estação seca, imediatamente posterior ao último período da estação úmida, utiliza-se a equação (1) após a determinação do módulo do negativo acumulado referente a esse período quando a soma dos saldos positivos (P) for inferior à capacidade de água disponível (CAD) (MENDONÇA, 1958):

$$Li = Li-1 + |Ci - ETi| \quad (9)$$

A partir desse ponto, faz-se o balanço hídrico conforme propuseram THORNTWHAITE e MATHER (1955).

4. Critério geral de iniciar o balanço hídrico no caso de qualquer número de estações úmidas

Quando o número de períodos aumenta, como conseqüência da redução do número de dias por período, no intuito de se obter um maior nível de detalhamento em função do objetivo do estudo, aumenta a possibilidade de se ter um número cada vez maior de períodos úmidos e secos alternados. Quando o número de períodos úmidos é superior a um (Figura 3), a rigor, o critério de iniciar o balanço hídrico proposto por MENDONÇA (1958) não pode ser utilizado. Devido a isso, generalizou-se esse critério para qualquer número de estações úmidas, o qual deve ser utilizado somente quando:

$$\left[P_j + \sum_{i=1}^{j-1} P_i \cdot e^{-\left[\sum_{k=j-1}^i n_k \right]} \right] < \left[1 - e^{-\left[\sum_{k=1}^j n_k \right]} \right] \cdot CAD \quad ; (i,j,k \in \mathbb{N}^*) \quad (10)$$

$$x_j = - \ln \left[\frac{P_j + \sum_{i=1}^{j-1} P_i \cdot e^{-\left[\sum_{k=i}^{j-1} n_k \right]}}{1 - e^{-\left[\sum_{k=1}^j n_k \right]}} \right] \quad \text{e} \quad x_1 = - \ln \left[P_1 + e^{-\left[-x_j + n_j \right]} \right] \quad (11)$$

onde x_1 refere-se ao último período da estação úmida com maior valor de saldo positivo ($P_1 > P_i, \forall i$). O cálculo do módulo do negativo acumulado referente a esse período é feito através da expressão (8) (fazendo $x = x_1$).

Sendo assim, assume-se que o solo armazena uma quantidade de água equivalente à soma da quantidade armazenada no final da estação seca com o saldo (P_1) da estação úmida, a qual é inferior à capacidade de água disponível (teor de água inferior à capacidade de campo).

Caso a expressão (10) não seja satisfeita, assume-se que o solo se encontra com um teor de água correspondente à capacidade de campo no último período da estação úmida (faz-se $x = 0$), conforme critério original de THORNTWHAITE e MATHER (1955).

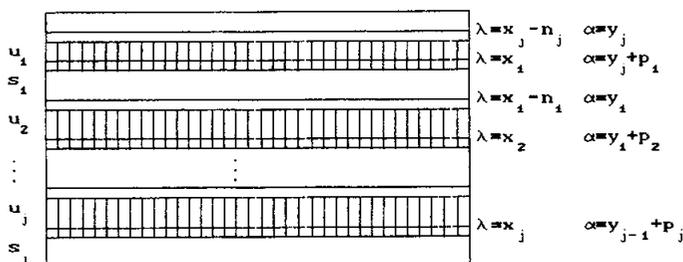


Figura 3: Representação esquemática do armazenamento de água no solo no final de cada uma das j estações úmidas (u_i) e secas (s_i).

5. Considerações finais

A generalização do critério de iniciar o balanço hídrico permite a utilização do método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para previsão do teor de água no solo no período desejado (número de dias definido em função do objetivo do estudo) com finalidades diversas (irrigação, drenagem, determinação de época de plantio, escolha da época de aplicação de fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas e de preparo do solo).

6. Referências bibliográficas

- MENDONÇA, P. de V. e. Sobre o novo método de balanço hidrológico do solo de THORNTHWAITE-MATHER. In: XXIV Congresso Luso-Espanhol para o progresso das Ciências. Madrid, 14-9. 1958.
- THORNTHWAITE, C.W. e MATHER, J.R. The water balance. Publ. Clim. Drexel Inst. Technol. 8 (1). 1955.

MONITORAMENTO DO RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL EM SANTA CATARINA

Marcio Sônego
Charles Seidel
Hugo José Braga
Vera M. R. Thomé

EMPASC, Florianópolis (SC)

47

Por meio de um método simples, a Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A. (EMPASC), vem acompanhando diariamente o índice de perigo de incêndio florestal para o Estado de Santa Catarina. Quando os valores atingem níveis elevados, faz-se a divulgação para a Defesa Civil e empresas interessadas, via telex. Esta atividade faz parte de um projeto mais amplo de monitoramento diário das condições meteorológicas para o Estado.

Segundo estimativas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Santa Catarina possui cerca de 5 a 7% de seu território ocupado com matas nativas, e 5% do território reflorestado com espécies exóticas. O mapeamento de capacidade de uso dos recursos naturais renováveis, indica que 23,5% da área total do Estado mostram que tanto o relevo como o solo, apresentam limitações extremamente fortes à exploração econômica de suas áreas, as quais devem permanecer para preservação da flora e fauna silvestres. Além disto, 14,9% da área total do Estado são indicados apenas para culturas permanentes, silvicultura e preservação. Portanto, Santa Catarina apresenta forte potencial silvícola.

Uma das principais ameaças à silvicultura é a ocorrência de incêndios florestais, dos quais não há estatística de sua ocorrência em Santa Catarina. O conhecimento dos índices de perigo de incêndio é fundamental dentro de um plano de preservação e controle de incêndios florestais, por permitir a previsão das condições de perigo, possibilitando adotar medidas preventivas em bases mais eficientes e econômicas.

Na determinação diária do índice de perigo de incêndio florestal, a EMPASC vem utilizando a Fórmula de Monte Alegre (FMA), que foi desenvolvida pelo Professor Ronaldo Viana Soares, do Departamento de Silvicultura e Manejo da Universidade Federal do Paraná.

A FMA tem como única variável a umidade relativa do ar medida às 13:00 horas. É também um índice acumulativo sujeito às restrições de precipitação, calculada pela equação:

$$FMA = 100 \sum 1/h$$

onde,

h = umidade relativa do ar em porcentagem