

## **Balanco de Energia e de Água para o Pantanal**

José Carlos Rodrigues e Rute Maria Bevilaqua  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
CP 515, 12201-970 São José dos Campos, SP

### **Introdução**

O objetivo deste trabalho foi o de construir um algoritmo para calcular as componentes dos balanços de calor e de água na superfície em pontos discretos do Pantanal. Estes dois balanços são claramente inseparáveis porque a evapotranspiração depende consideravelmente da energia disponível para isto.

Em geral os cálculos de Balanço Hidrológico são divididos em duas partes:

- 1- Estimativa da evapotranspiração potencial
- 2- Balanço entre precipitação, evaporação, escoamento superficial e armazenamento de água no solo.  
Eventualmente faz-se um ajuste da evaporação real como uma fração da evapotranspiração potencial; esta fração dependente da quantidade de água armazenada no solo.

A estimativa da evapotranspiração potencial, a rigor deve ser resultado de um balanço de energia da superfície da terra, envolvendo a energia solar absorvida, a energia líquida de ondas longas perdida pela superfície, o calor sensível perdido pela superfície para a atmosfera e para as camadas mais profundas do solo e, finalmente, a energia empregada para evaporar água do solo.

Muitas tentativas têm sido feitas para estimar a evapotranspiração usando o menor número de variáveis meteorológicas possível, geralmente ignorando o balanço hídrico como variável. É óbvio, porém, que a evapotranspiração real depende do balanço hídrico, devendo este fazer parte do cálculo.

Como exemplos de métodos simplificados temos:

- a - Método de Thorntwaite - estima a evapotranspiração potencial em função das temperaturas médias mensais, argumentando que estas dependem do balanço energético.

b - Método de Penman e derivados - leva em conta o balanço energético, porém faz aproximações no que diz respeito à temperatura da superfície.

Budyko sugere que se faça um balanço de energia da superfície, com as parametrizações existentes para os diferentes termos, e que se acople à esse balanço, também o balanço hídrico, para calcular diretamente a evapotranspiração real, que nos outros métodos é estimada ao invés de calculada. Além disso, alguns termos são função da temperatura da superfície que é calculada no balanço. Este foi o método adotado neste trabalho.

### **Método**

No método sugerido por Budyko estima-se a evapotranspiração potencial, supondo um valor inicial para a água armazenada no solo, donde se obtém uma evapotranspiração real. A partir dela determina-se a temperatura do solo por um método iterativo, que ajusta o balanço de energia. O balanço hídrico fornece o armazenamento de água no solo que será a condição inicial para o mês seguinte. Como o armazenamento inicial é uma grandeza difícil de ser medida, costuma-se utilizar como valor inicial o obtido pelo método após um ano, quando se volta à mesma estação, de preferência no meio de uma estação chuvosa. Geralmente, após o segundo ou terceiro mês estabelece-se um equilíbrio e, a seguir, os resultados não dependem do valor inicial de armazenamento.

A idéia é que, obtendo-se um método mais confiável para o cálculo da evaporação, do balanço energético e do balanço hídrico, ele possa servir de ferramenta para pesquisar, por exemplo, os movimentos de água do subsolo mais próximo da superfície, e o acesso, pelas plantas, à água. Com isso, numa região tão complexa como é o Pantanal, poder-se-ia, por exemplo, acoplar esse método a um modelo hídrico da bacia do Rio Paraguai e acrescentar parametrizações para o subsolo e sua interação com a superfície.

As interações entre vegetação, solo e características topográficas são fatores importantes demais para serem negligenciados quando se pensa, por exemplo, em previsão de enchentes para esta região. Além disso, o regime hidrológico depende grandemente de fatores climáticos.

### **Teste do Algoritmo**

Para testar o algoritmo, escrito em linguagem FORTRAN, foram utilizados como dados de entrada registros climatológicos de temperatura do ar, umidade, nebulosidade e precipitação, de algumas

estações na periferia do Pantanal, já que não se conseguiu o conjunto de dados necessários para o interior da área de estudo.

### **Resultados**

Foram utilizados dados climatológicos mensais de 1993 e 1994 para algumas poucas estações. Os dados de entrada foram temperatura do ar, umidade relativa, nebulosidade e precipitação. As componentes do balanço energético e de água calculadas foram radiação solar incidente na superfície, radiação de ondas longas deixando a superfície, calor sensível perdido para a atmosfera, calor sensível para o subsolo, calor latente devido à evaporação, evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, escoamento superficial, água armazenada no solo no final do mês e temperatura da superfície. Um estudo simples de sensibilidade tornou evidente que os resultados são extremamente sensíveis à nebulosidade, o que era de se esperar já que as radiações de ondas curtas e de ondas longas dependem muito desse parâmetro.

### **Conclusões**

Embora as estações utilizadas não sejam representativas da região do Pantanal, pode-se verificar a potencialidade do método para obter resultados com uma quantidade pequena de dados climatológicos, já que o método utiliza somente dados de estações de superfície. O que realmente viabilizará esses balanços em extensas áreas como a do Pantanal, onde o número de estações de superfície ou de altitude é reduzido e seus dados de pouca confiabilidade, será o avanço das técnicas de sensoriamento remoto, principalmente com sensores de ondas longas e de microondas (ATSR: IRR e MWS) e instrumentos de radar (AMI: SAR and Wind Scatterometer) do satélite ERS-1. Serão esses sensores que permitirão que dados essenciais, confiáveis e contínuos para o cálculo de balanço de energia, tais como a umidade do solo e da vegetação, os perfis de umidade e de temperatura do ar, e a nebulosidade, estejam disponíveis para serem usados como dados de entrada em algoritmos como o descrito neste trabalho.

### **Sugestões**

Sugere-se:

1 - que no Departamento de Sensoriamento Remoto do INPE seja feito um esforço no sentido de obter dados confiáveis de temperatura da superfície, umidade do solo e da vegetação, áreas cobertas por água, topografia, e velocidade do vento na superfície de áreas inundadas. Potencialmente esses dados podem ser obtidos pelos sensores do satélite ERS-1 mencionados acima.

2 - que o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE invista num banco de dados como o do AMIP no NMC, para futuros cálculos de balanços de energia a partir de dados de análise e de GCM.

### **Referencias**

Budyko, M. I. (1974). *Climate and Life*. Academic Press, New York.

Proud, Lois e Battrock, Bruce, editors. (1992). *ERS-1 User Handbook*, ESA Publications Division.