

BALANÇO HÍDRICO COM RADAR METEOROLÓGICO EM ÁREA AGRÍCOLA

ZILDENE PEDROSA O. EMÍDIO; LUIZ ROBERTO TROVATI²

¹Meteorologista, Dra., Instituto de Pesq. Meteorológicas - IPMet - UNESP /Bauru- SP. (0xx14)31036029, pedrosa@ipmet.unesp.br

²Físico, Prof. Adjunto, Depto. de Física e Química, FEIS/UNESP, Ilha Solteira - SP

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de julho de 2011 – Guarapari – ES

RESUMO: O principal objetivo dessa pesquisa é avaliar e comparar o desempenho do Balanço Hídrico Distribuído - BHD, executados no intervalo de 21 de outubro de 2004 a 29 de abril de 2005, em períodos decenais (19), visando à estimativa do percentual de Água Disponível (AD%) no solo nas regiões de Assis/SP e Piracicaba/SP, com alta resolução espacial, a cada 1 km², usando a chuva média quantificada nas áreas de estudo pela rede pluviométrica, através do método dos polígonos de Thiessen, e pelo radar meteorológico, através do uso de uma relação Z-R específica.

PALAVRAS-CHAVE: balanço hídrico, chuva, radar meteorológico.

WATER BALANCE WITH WEATHER RADAR IN AGRICULTURAL AREA

ABSTRACT: The main objective of this research is to evaluate and compare the performance of Distributed Water Balance - BHD, performed in the range of 21 October 2004 to April 29, 2005, in decennial periods (19) in order to estimate the percentage of Available Water (AD%) in soil regions of Assis/SP and Piracicaba/SP, with high spatial resolution, for each 1 km² cell, using the average rainfall measured in the study areas by the rain gauge network, using the method of polygons of Thiessen, and the weather radar, using a Z-R relationship specific.

KEYWORDS: water balance, rainfall, weather radar.

INTRODUÇÃO: Na agricultura a água é fator fundamental em todas as fases de uma cultura, pois a falta ou excesso de água no solo pode influenciar no desenvolvimento e crescimento da cultura comprometendo a produção agrícola. Assim, o controle da água é importante e este é apenas possível com o conhecimento das relações hídricas do solo e da cultura através do uso de técnicas apropriadas. O balanço hídrico é uma técnica utilizada para contabilizar a entrada ou saída da água no solo, sendo que o processo de ganho de água pelo solo é feito essencialmente pela chuva ou por irrigação. Embora sua estimativa possa ser simples, apresenta dificuldades decorrentes na obtenção de seus parâmetros, pois requer medidas acuradas dos seus componentes (precipitação, evapotranspiração, armazenamento de água no solo, *run-off*, etc.) que estão sujeitos à variabilidade espacial e temporal. Especialmente, as chuvas advindas dos eventos convectivos apresentam uma distribuição de intensidade altamente variável e ao acaso, em relação a sua distribuição espacial (Trovati, 1997).

A precipitação em forma de chuva tem papel fundamental no cômputo do balanço hídrico e a sua determinação sobre uma área é normalmente um dos parâmetros mais variáveis. Várias metodologias existem para quantificação da chuva, embora possam divergir em suas medidas, uma vez que elas podem representar a chuva medida apenas em um ponto ou em uma área. O pluviômetro mede a chuva em um ponto, o radar em uma área. No Brasil, diversos estudos foram realizados visando comparar estimativas de chuva por radar e aquelas medidas pela

rede pluviométrica. Calheiros e Antônio (1979) utilizaram dados de chuva acumulada pelo radar banda C de Bauru em estudos de comparação com dados de pluviômetros. Moreira (2005) testou a utilização de informações de chuva estimada a partir de dados de radar meteorológico integrados com dados de pluviômetros na bacia do rio Barigüi, na região de Curitiba. Emídio et al (2007) comparou a chuva média acumulada na região de Piracicaba/SP por pluviômetros e radar.

Este trabalho tem como objetivo comparar e avaliar o desempenho do balanço hídrico executado de duas formas; com chuva foi medida por rede de pluviômetros e com chuva estimada por radar meteorológico. O estudo foi executado nas regiões de Assis e Piracicaba, onde se encontra grande predominância do cultivo da cana de açúcar no estado de São Paulo e visou à estimativa do percentual de água disponível no solo para aquela cultura. Na execução dos balanços hídricos, a variabilidade dos tipos de solo existentes em cada área de estudo (Assis e Piracicaba) foi considerada no cálculo da capacidade do armazenamento de água do solo. Ademais, foi acoplada a estimativa de chuva com radar em área de 1km², permitindo assim, que o balanço fosse realizado com um modelo que levasse em conta a variabilidade espacial do solo e da chuva, denominado balanço hídrico distribuído - BHD.

MATERIAS E MÉTODOS: O estudo foi realizado no período de 21/outubro de 2004 a 29/abril de 2005, e os BHD foram executados em intervalos decendiais nas duas áreas de estudo: Piracicaba e Assis. As áreas foram delimitadas através das Cartas Pedológicas Semidetalhadas do Estado de São Paulo, que correspondem às quadrículas de Piracicaba e Assis e identifica os tipos de solos, com resolução espacial de 2 km x 2 km.

Para quantificação da chuva medida por pluviômetros, utilizou-se dados de 9 pluviômetros na região da quadrícula de Assis e de 11 na região da quadrícula de Piracicaba. As medidas da chuva de cada pluviômetro foram realizadas em intervalos de 24 horas, diariamente às 07 horas. A chuva média em cada área foi determinada pelo método dos polígonos de Thiessen através da equação:

$$\bar{h} = \frac{\sum P_i A_i}{\sum A_i} \quad \text{Eq.1}$$

onde, \bar{h} = precipitação média estimada(mm); A_i = área de influência; P_i = precipitação medida.

Os dados de chuva medida pelo radar, foram obtidos pelo radar meteorológico Doppler, banda S, localizado em Bauru/SP e operado pelo IPMet/UNESP. Foram utilizadas as imagens geradas pelo produto CAPPI (Constant Altitude Plan-Position Indicator) com altura de 3,5 km, a cada 7,5 ou 15 minutos, para obter-se a taxa de precipitação ou intensidade de chuva (em mm/h) através de uma relação Z-R, expressa pela seguinte equação:

$$Z = aR^b \quad \text{Eq.2}$$

onde, Z é a refletividade (mm⁶/m³); R é a taxa de precipitação (mm/h); a e b são constantes estimadas. A relação Z-R específica utilizada neste trabalho foi à equação de Calheiros (RVC)

$$Z = 32 R^{1,65} \quad \text{Eq.3}$$

A chuva estimada pela equação 3 foi integrada nos períodos decendiais (19) para cada área de estudo sobre pixels do radar com resolução de 1 km², permitindo a geração de matrizes de chuva-radar (grade da quadrícula: 51 x 51 pixels) com 2.601 pixels.

Para a execução do balanço hídrico equação utilizada foi:

$$A_t = A_{t-1} + P_t - ET_t - R_t - DP_t \quad \text{Eq.4}$$

Sendo, A_{t-1} o armazenamento de água no perfil do solo no período decendial anterior, P_t a chuva média quantificada no período, na área do polígono pelo pluviômetro ou pixel a pixel pelo radar; ET_t a evapotranspiração média estimada em cada período; R_t o *run-off* e DP_t a depleção profunda. Segundo Trovati,1997 para a determinação do balanço, equação 4, estão impostas as seguintes condições de contorno: 1) Quando o armazenamento de água no solo

atingir o valor mínimo ($A_{\min(\text{pmp})} = \bar{\theta}_{\text{pmp}}$), a evapotranspiração será nula; 2) Quando o armazenamento de água no solo encontrar-se entre os valores máximo ($A_{\max(\text{cc})} = \bar{\theta}_{\text{cc}}$) e o mínimo ($A_{\min(\text{pmp})} = \bar{\theta}_{\text{pmp}}$), a evapotranspiração se processa de modo linear, conforme a demanda; 3) Quando o armazenamento de água no solo atingir o valor máximo ($A_{\max(\text{cc})} = \bar{\theta}_{\text{cc}}$), a precipitação é considerada como escoamento superficial (*Run-off*) ou excedente; 4) Enquanto o armazenamento de água no solo estiver abaixo do valor máximo ($A_{\max(\text{cc})} = \bar{\theta}_{\text{cc}}$), toda a chuva é considerada efetiva, independente de sua intensidade; 5) A depleção de água por drenagem profunda no perfil do solo é considerada nula.

A evapotranspiração foi estimada através da equação 5 considerando como cultura a cana de açúcar que está, generalizadamente, presente nas duas áreas de estudo.

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \quad \text{Eq.5}$$

onde, ET_c é a evapotranspiração de cultura ou evapotranspiração máxima de cultura (ET_m), a qual implica na quantidade máxima de água utilizada por uma cultura em qualquer fase de seu desenvolvimento, desde o plantio/semeadura até a colheita, quando não houver restrição hídrica, K_c é o coeficiente de cultura e ET_o é a evapotranspiração de referência.

A quantificação da Água Disponível (AD ou CAD) no solo é a lâmina de água correspondente ao intervalo de umidade do solo entre a capacidade de campo (cc) e o ponto de murcha permanente (pmp). Neste trabalho a água disponível no solo foi determinada nas seguintes formas: $AD = A(\text{cc}) - A(\text{pmp})$, dada em mm ou $AD = A(\text{cc}) - A(\text{pmp}) \cdot 100$, dada em %.

Para cada tipo de solo encontrado nas áreas de estudo foi estimada a água disponível (AD), em função da capacidade de campo (cc) e do ponto de murcha permanente (pmp). Multiplicando cc e pmp pela profundidade (L) do solo, a qual foi considerado como 60 cm, obteve-se o armazenamento máximo ($A_{\max(\text{cc})}$) e o mínimo ($A_{\min(\text{pmp})}$). Desse modo, quando os valores da AD são iguais ou superiores ao $A_{\max(\text{cc})}$, significa que o solo está saturado, com excedente hídrico, e para valores da AD inferiores a $A_{\min(\text{pmp})}$ o solo está com déficit de água.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Para ilustrar os resultados dos BHD nas regiões de Assis e Piracicaba, estão apresentados dois períodos representativos do intervalo de análise. Os períodos selecionados foram: período 10° (Figura 1), o mais chuvoso de todo intervalo e período 14° (Figura 2) o mais seco. Na escala correspondente às cores, o percentual de água disponível no solo a AD (%), mostra os limites máximo e mínimo de variação entre 0 a 100%, representando assim desde o estado de umidade no ponto de murcha permanente, 15 atm, até o estado de umidade na capacidade de campo, 1/3 atm. Adotou-se a cor vermelha para situações de solo seco, ou seja, quando ocorre o armazenamento mínimo de água no solo (0 %), e a cor azul para situações de solo úmido, quando ocorre o armazenamento máximo de água no solo, com 100% de água disponível no perfil do solo. Seguindo a nuance das cores padronizadas, a transição de cores se dá em intervalo de 10%, indicando a variação do percentual de água disponível no solo.

A figura 1 mostra que neste período chuvoso, observa-se o mesmo padrão na %AD no solo, tanto para o balanço hídrico executado com dados de chuva obtidos pontualmente pela rede pluviométrica com distribuição de chuva em área ponderada pelo método de Thiessen, quanto àquele executado com dados de chuva quantificados com alta resolução espacial (1km²) pelo radar meteorológico. Observa-se que o padrão de resposta na quantidade de água disponível é similar em ambas às quadrículas, as deficiências hídricas presentes estão associadas à variabilidade espacial do solo e da chuva. A figura 2 mostra que neste período seco a distribuição de água disponível no solo apresentou um quadro de déficit hídrico nas duas regiões, tanto pela quantificação da chuva em área com pluviômetro (Thiessen), quanto pela estimativa da chuva em área por radar meteorológico.

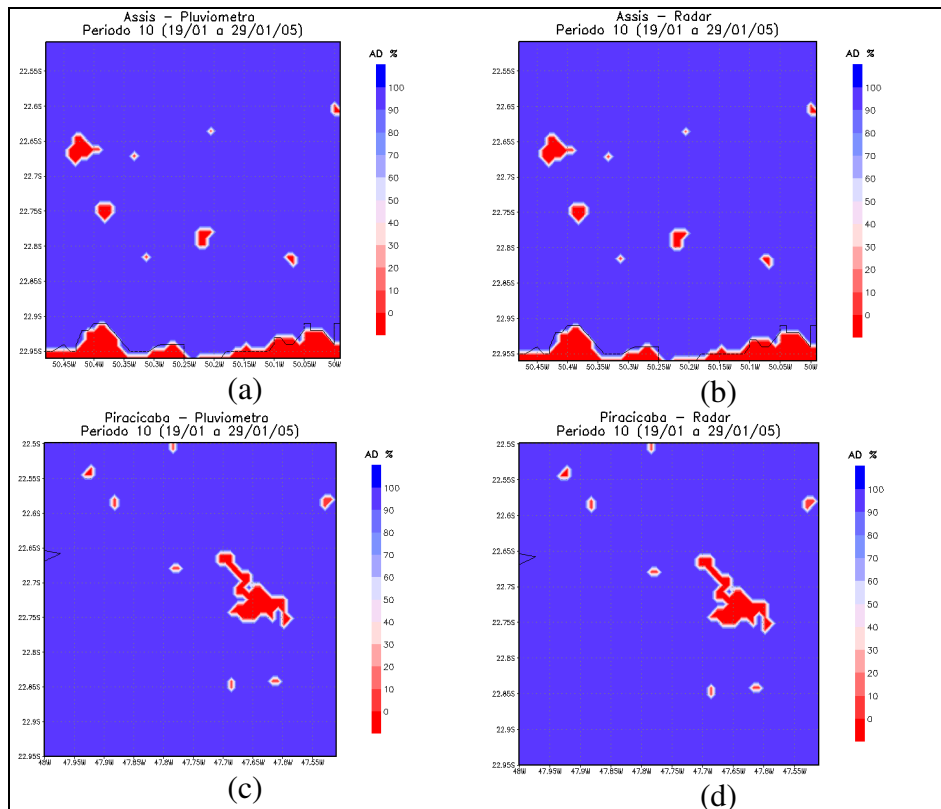


Figura 1- Exemplo de BHD para um período chuvoso de 19/01 a 29/01/05, com; a) chuva em área calculada método de Thiessen para a quadrícula de Assis; b) chuva em área estimada com radar meteorológico para a quadrícula de Assis; c) chuva em área calculada método de Thiessen para a quadrícula de Piracicaba; d) chuva em área estimada com radar meteorológico para a quadrícula de Piracicaba.

Contudo, verifica-se que o padrão de distribuição da AD% entre as os balanços realizados com dados de pluviômetro e radar diferem significativamente. Por exemplo, para a quadrícula de Assis (figura a), o balanço com chuva por pluviômetro indica déficit hídrico em toda a área, exceto, naturalmente, no limite inferior que compreende um trecho do Rio Paranapanema, enquanto o balanço com chuva por radar (figura b) mostra áreas com disponibilidade hídrica. De forma análoga, isto também é verificado para a quadrícula de Piracicaba (figuras c e d). Estas diferenças observadas na %AD no solo são decorrentes do refinamento da amostragem da precipitação em área, cuja resolução é de 1km², produzida pelo radar meteorológico, em relação aos polígonos do método de Thiessen. Além disso, na quadrícula de Piracicaba onde a variabilidade espacial do solo é mais acentuada, devido a maior heterogeneidade dos solos, esse resultado é mais aparente.

Resumidamente conclui-se que os resultados obtidos pela chuva média em área contabilizada pelos pluviômetros foram menos variáveis, tanto para Assis e Piracicaba, indicando um padrão mais homogêneo no campo da AD% no solo. Por outro lado, os resultados encontrados na AD% no solo pelo radar meteorológico, geram um impacto significativo nas decisões voltadas ao suprimento de água no solo pelo setor agrícola. Tendo em vista que o BHD pelo radar considera uma variação mais expressiva no campo da distribuição de chuva, principalmente em períodos onde a quantidade de chuva distribuída em área foi menor, nota-se nitidamente a variabilidade espacial da chuva, pixel a pixel, ou seja, a cada 1 km².

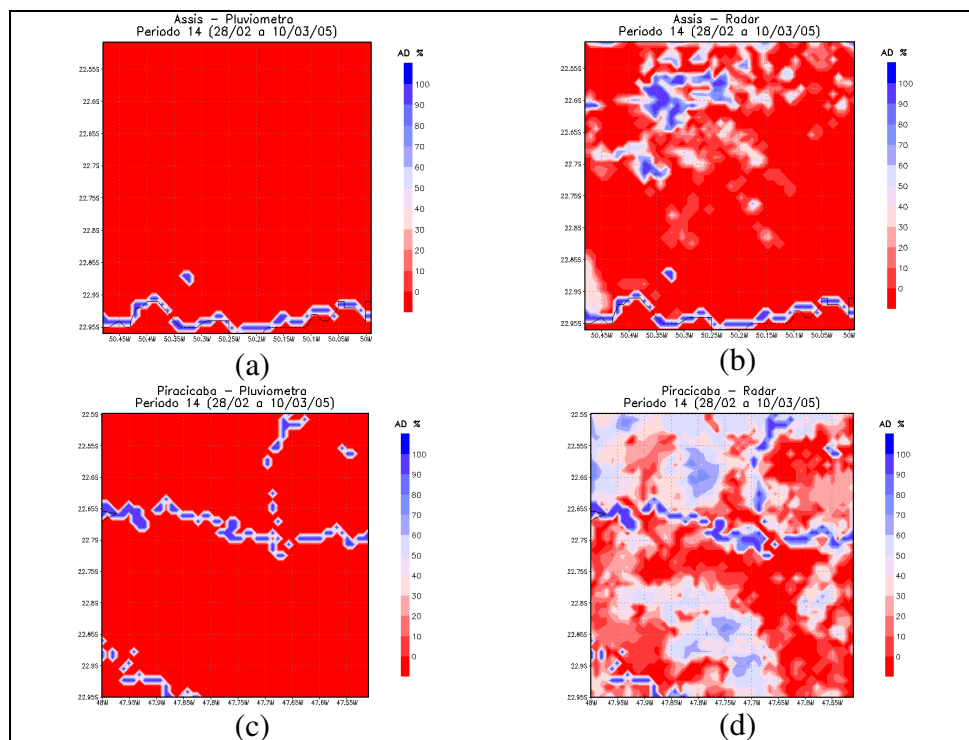


Figura 2- Exemplo de BHD para um período seco de 28/02 a 10/03/05, com; a) chuva em área calculada pelo método de Thiessen para a quadrícula de Assis; b) chuva em área estimada com radar meteorológico para a quadrícula de Assis; c) chuva em área calculada método de Thiessen para a quadrícula de Piracicaba; d) chuva em área estimada radar meteorológico para a quadrícula de Piracicaba.

Este fato é demonstrado pela representação das secções com déficit ou excesso de água, produzido pela variabilidade da chuva e intrinsecamente pela a variabilidade espacial do solo a qual se faz presente no modelo de capacidade de armazenamento de água para os diferentes tipos de solo. Portanto, a metodologia do BHD, executada com dados de chuva quantificada pelo radar meteorológico, com alta resolução espacial, apresenta-se como uma ferramenta de grande utilidade no planejamento de atividades agrícolas, como manejo do solo, suporte à irrigação e na modelagem de previsão de safras, etc. Ao mesmo tempo, desponta como uma ferramenta de elevado valor sócio econômico, tendo em vista as vantagens do refinamento e detalhamento espacial de suas informações, que indica de forma mais acurada a disponibilidade de água no solo para as áreas cultivadas, uma questão de interesse econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CALHEIROS, R. V.; ANTONIO, M. A. Aplicações do radar de Bauru para fins hidrológicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 10., 1979, Manaus. *Anais...* Manaus: [s.n.], 1979. 13 p.
- EMÍDIO, Z. P. O; ANTÔNIO, M. A. Chuva média decenal em área: teste por radar e pluviômetros para uso na agricultura. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15., 2007, Aracaju. *Anais...* Aracaju: Sociedade Bras. de Agrometeorologia, 2007. 1 CD-ROM.
- MOREIRA, I. A. *Modelagem hidrológica chuva-vazão com dados de radar e pluviômetros*. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidrológica)–UFPr. Curitiba, 2005.
- TROVATI, L. R. *Aplicação do radar meteorológico na execução de balanço hídrico distribuído sobre extensas áreas incorporando a variabilidade espacial do solo*. 1997. 41 f. Tese (Livre Docente)–Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1997.