

ENERGIA CINÉTICA DA PRECIPITAÇÃO ESTIMADA PELO RADAR DE TEMPO DE BAURU-SP: ESTUDO DE CASOS COM MEDIDAS DISDROMÉTRICAS

Mauricio de Agostinho Antonio

Eng. Civil, Pesquisador, Instituto de Pesquisas Meteorológicas, UNESP, Bauru - SP, Fone: (14) 3103 6030 – mauricio@ipmet.unesp.br

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

Resumo: Neste trabalho foram usadas medidas disdrométricas de espectro de gotas durante eventos de precipitação observados em Botucatu, SP, para estabelecer as relações funcionais entre parâmetros associados à distribuição de tamanho de gotas de chuva, como a energia cinética (E_k) e a refletividade (Z), sendo esse último parâmetro também estimado nas chuvas pelo radar de tempo de Bauru, SP. A correlação entre E_k e Z disdrométrica, com $R^2 = 0,9767$, resultou na equação do tipo $Z = 11,2 E_k^{1,28}$, que foi aplicada aos valores de refletividade medidos pelo radar. Daí, pode-se dispor da representação espacial da energia cinética associada ao campo de precipitação em São Paulo, com resolução de 1 km^2 , atualizadas a cada 7,5 minutos. O conhecimento dos tipos de solos de áreas de interesse, associados ao campo de energia cinética da precipitação permite determinar o potencial erosivo da precipitação sobre a área em questão, e adotar medidas preventivas para minimização do efeito da erosão possível.

PALAVRAS-CHAVE: DISTRIBUIÇÃO DE GOTAS, RADAR METEOROLÓGICO, ENERGIA CINÉTICA.

KINETIC ENERGY OF PRECIPITATION ESTIMATED BY THE BAURU-SP WEATHER RADAR: CASE STUDIES USING DISDROMETRIC MEASUREMENTS

Abstract: In this work, disdrometric measurements of drop size distribution effected during events of precipitation at Botucatu, SP, were used to establish functional relationships among parameters associated to drop sizes, such as kinetic energy (E_k) and radar reflectivity (Z). Z was also estimated using an weather radar located in Bauru, SP. Correlation between E_k and disdrometric determined Z , featuring a $R^2 = 0,9767$, resulted in the expression $Z = 11,2 E_c^{1,28}$, which was applied to the reflectivity values from the radar. From this, the pattern of kinetic energy associated with the precipitation field in São Paulo, at a 1 km^2 resolution, can be made available every 7.5 minutes. The knowledge of the soil types from areas of interest, associated to the kinetic energy field of the precipitation over those areas, allows the determination of the respective potential of erosion and, thus, takes preventive measures to mitigate the effects should erosion occur.

KEYWORDS: DROP SIZE DISTRIBUTION, WEATHER RADAR, KINETIC ENERGY.

Introdução

Desde que deixaram de vagar como nômades, a agricultura desenvolvida pelos homens tornou o solo um dos recursos naturais mais intensamente utilizados. Entretanto, para o uso adequado dos solos, entre outros, é necessário conhecer os fatores variáveis que interferem na

intensidade da erosão causada pela precipitação. Tais fatores variam conforme o local e são dependentes das características físicas das precipitações e dos solos de cada região.

O potencial erosivo da precipitação pode ser avaliado conhecendo-se, principalmente, a energia cinética transferida aos solos pelos impactos das gotas de chuva. Estudos relacionando a perda de solos pelo impacto, às características do tamanho das gotas e sua distribuição, e à velocidade terminal dessas gotas, tem demonstrado que a energia cinética é o parâmetro apropriado para indicar a magnitude do potencial erosivo da precipitação.

A energia cinética vem sendo determinada através de modelos empíricos que partem da intensidade das chuvas determinadas com pluviômetros, conforme Wischmeier e Smith (1958), Hudson (1973), Lal (1976), Morgan (1986), entre outros. Com o advento dos disdrômetros (Joss e Waldvogel, 1967), equipamentos que determinam a distribuição do tamanho de gotas, é possível determinar com bom detalhamento a energia cinética da precipitação, como também estabelecer relações funcionais com a refletividade do radar de tempo, e a intensidade da precipitação (Zawadzki e Agostinho Antonio, 1988).

Neste trabalho estão apresentadas as medidas de energia cinética de dois eventos de precipitação, em 15 e 16 de outubro de 1997, a partir de um disdrômetro em Botucatu, SP, (Antonio, 1998), e dados do radar de tempo operado pelo IPMet/UNESP, em Bauru, SP.

Metodologia e Procedimentos

Dados de disdrômetro

O disdrômetro de impacto, do tipo aqui utilizado, é um instrumento que transforma o movimento vertical de uma gota de chuva que atinge uma superfície sensível de um sensor em um pulso elétrico cuja amplitude é função do diâmetro da gota. Daí é calculada a distribuição dos tamanhos das gotas em um volume de ar. Os diâmetros medidos variam de 0,3 mm até 5 mm (Distromet, 2004).

A forma prática de representação dos 127 diâmetros de gotas medidos pelo disdrômetro está na combinação de 20 classes de tamanho de gotas, aproximadamente exponencial sobre a extensão dos diâmetros de gotas de chuva.

O disdrômetro estava instalado na área urbana de Botucatu (22,8894° S, 48,4508° W, altitude 838 m), ajustado para integrações de dados a cada um minuto.

Cálculo da Energia Cinética

A determinação da energia cinética da precipitação, parte da distribuição do tamanho de gotas dadas pelo disdrômetro.

A forma prática da equação do fluxo de energia cinética, para E_k (J/m².h) é a energia cinética por unidade de volume, S é a área sensível do disdrômetro (50 cm²), Δt é o intervalo de tempo considerado (minutos), e n é o número de gotas de determinado diâmetro (D em mm), v em m/s e $\rho_a = 1$ g/cm³ é:

$$E_k = (\pi / 36 \times 10^3 \Delta t) \sum D_i^3 n_{Di} v_i \quad (1)$$

Cálculo da Refletividade

A refletividade Z , determinada a partir da distribuição do tamanho de gotas dada pelo disdrômetro, considerando-se os valores e unidades conhecidos, como $S = 50$ cm², Δt em minutos, v_i em m/s, D_i é o diâmetro da gota i (mm), v_i é a velocidade terminal da gota de

diâmetro i (m/s) , e n_{Di} é o número de gotas de diâmetro i ., para Z em mm^6/m^3 , sendo a velocidade terminal das gotas estimada segundo a proposta de Gunn e Kinzer (1949), é dada por:

$$Z = (1 / 50 \Delta t) \Sigma [(n_{Di} / v_i) D_i^6] \quad (2)$$

A refletividade de radar é expressa como uma função logarítmica:

$$\text{ZdB} = 10 \log Z \quad (3)$$

Dados de Radar

Os dados do radar de tempo de Bauru ($22,3583^\circ$ S, $49, 0272^\circ$ W, altitude 624 m) utilizados no trabalho são os valores de refletividade (já em dBZ), obtidos com CAPPI (Indicador de Posição no Plano com Altitude Constante) de altitude 3,5 km, até um raio de 240 km do equipamento.

Os conjuntos de dados foram coletados a cada 7,5 minutos, a partir de varreduras sucessivas da antena com elevações crescentes, e representam a precipitação média em um volume com representação em área de 1 km x 1 km. Isto é, todo o campo de quantificação do radar sobre os 240 km de raio está representado por uma matriz de células de 1km^2 .

Resultados e Discussões

Em Botucatu, no dia 15 de outubro de 1997, iniciou-se um registro de um sistema convectivo, que se deslocou de noroeste para sudeste, em dois intervalos, às 17:30 h, tendo finalizado às 18:07 h, registrado um total de 2,1 mm no período de 37 minutos.

Os valores máximos observados no fluxo de energia cinética e de refletividade, determinados pelo disdrômetro a cada minuto foram, respectivamente nos dois períodos de precipitação, $365 \text{ J/m}^2.\text{h}$ e 42 dBZ, e $550 \text{ J/m}^2.\text{h}$ e 45,5 dBZ.

A marcha de valores calculados, respectivamente, para o fluxo de energia cinética e para a refletividade está apresentada na Figura 1. A correlação entre os valores E_k e Z a cada minuto, apresentou coeficiente de correlação $R^2 = 0,9882$. A equação da curva de melhor ajuste entre os pares de dados é:

$$Z = 9,1 E_k^{1,34} \quad (4)$$

Nesse dia 15, as imagens do radar de Bauru mostraram conjuntos de células de precipitação convectiva ocorrendo em todo o interior do Estado de São Paulo, a partir do início da tarde. Um desses conjuntos aproximou-se da região de Botucatu, entre 17:30 h e 18:10 h.

Os máximos valores de refletividade verificados no radar de Bauru, sobre a posição do disdrômetro em Botucatu foram da ordem de 34 dBZ, muito embora a célula convectiva apresentasse áreas com refletividades superando 50 dBZ na região.

Durante o intervalo de tempo de registro da precipitação no solo em Botucatu, no dia 15 de outubro de 1997 o radar registrou somente 4 ciclos de coleta de dados no modo “volume scan”, que permite a elaboração dos CAPPIs de 3,5 km de altitude.

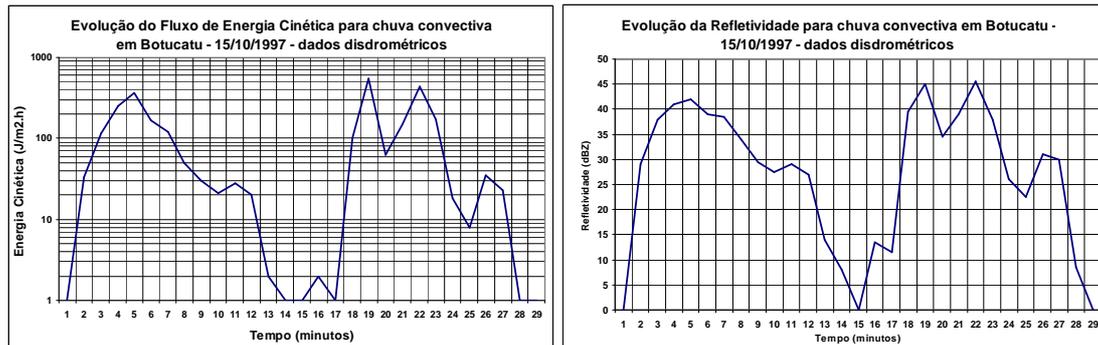


Figura 1. Fluxo de Energia Cinética e Refletividade para chuva convectiva de Botucatu, SP, em 15 de outubro de 1997, a partir de dados disdrométricos, com resolução de 1 minuto.

Já no dia 16 de outubro de 1997 - em Botucatu a precipitação teve início às 16:19 h e término às 18:30 h. No intervalo totalizou 3,0 mm em 129 minutos.

O sistema precipitante tratava-se de chuva estratiforme associada a uma frente fria que atuava na região, com deslocamento de oeste para leste. Os valores máximos observados de energia cinética e de refletividade da chuva, eram, respectivamente, de $62 \text{ J/m}^2 \cdot \text{h}$ e 31 dBZ .

A evolução dos valores determinados para a energia cinética e para refletividade, no episódio de chuva do dia 16, está apresentada na Figura 2. A correlação determinada entre os parâmetros E_k e Z , no caso dessa chuva, apresentou coeficiente de correlação $R^2 = 0,9649$. A equação da curva de melhor ajuste entre os pares de dados é:

$$Z = 12,9 E_k^{1,21} \quad (5)$$

Ao longo do dia 16, as informações do radar mostravam a atuação de uma frente fria próxima ao Estado de São Paulo através de extensos sistemas precipitantes que se deslocavam sobre a área no sentido de oeste para leste.

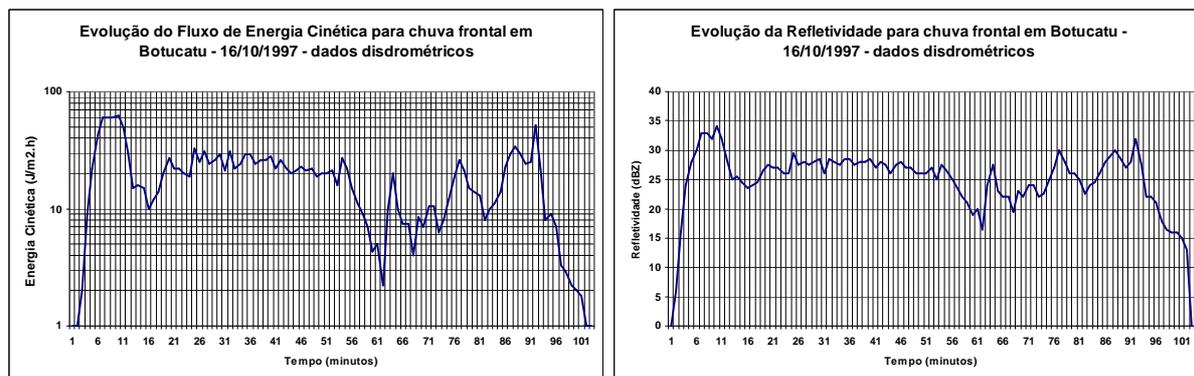


Figura 2. Fluxo de Energia Cinética e Refletividade para chuva frontal em Botucatu, SP, em 16 de outubro de 1997, a partir de dados disdrométricos com resolução de 1 minuto.

As imagens geradas com os dados do radar de tempo de Bauru mostraram que o sistema de precipitação atingiu a região de Botucatu às 16:23 h, tendo permanecido na área até 18:23 h. Os valores de máxima refletividade registrados pelo radar de tempo de Bauru em CAPPIS de 3,5 km de altitude sobre a posição do disdrômetro em Botucatu foram da ordem de $23,5 \text{ dBZ}$, não obstante a célula precipitante registrasse refletividades de até 35 dBZ em sua extensão.

A partir do conhecimento do campo “instantâneo” de energia cinética das chuvas, e sabendo os tipos de solos de áreas de interesse, é possível estabelecer o potencial erosivo de uma precipitação que se aproxima e dessa maneira, permitir o estabelecimento de ações de prevenção e minimização ao efeito de erosão que a precipitação apresenta.

Referências Bibliográficas

- ANTONIO, M.de A. 1998. **Técnica de ajuste em tempo real de medidas de chuva com radar. São Carlos.** 156 p. (Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo).
- DISTROMET LTD. 2004. **User's Guide for DISTRODATA.** Genebra. 18p.
- GUNN, R., KINZER, G. D. 1949. **The Terminal Velocity of Fall for Droplets in Stagnant Air.** J. Meteorology, v. 6, p. 243-248.
- HUDSON, N. W. 1973. **Soil Conservation.** Ithaca: Cornell University Press. 320 p.
- JOSS, J., WALDVOGEL A. 1967. **Ein Spektrograph fuer Niederschlagstropfen mit automatischer Auswertung.** Pure Appl. Geophys., v. 68, p. 240-246.
- LAL, R. 1988. **Erodibility and Erosivity.** In: Lal, R. Soil erosion research methods. Ankeny: SWCS, p. 141-160.
- MORGAN, R.P.C. 1986. **Soil Erosion and Conservation.** New York: Longman Scientific & Technical, 298 p.
- ZAWADZKI, I., AGOSTINHO ANTONIO, M. de.1988. **Equilibrium raindrop size distributions in tropical rain.** J. Atmos. Sci., v. 45, p. 3452-3459.