

## **SIMULAÇÃO E ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA UTILIZANDO O MODELO SWAT**

**JOSÉ E. P. TURCO<sup>1</sup>, NIVALDO CARLETO<sup>2</sup>, TERESA C. T. PISSARRA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Engo. Eletricista, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/Unesp, Jaboticabal-SP,  
Fone: (16) 3209-7289, [jepturco@fcav.unesp.br](mailto:jepturco@fcav.unesp.br)

<sup>2</sup>Engo. Eletricista, Doutorando, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/Unesp, Jaboticabal-SP.

<sup>3</sup>Enga. Agrônoma, Profa. Assistente, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/Unesp, Jaboticabal-SP.

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** Com este trabalho o objetivo foi analisar e simular a precipitação pluviométrica utilizando o modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). Os dados foram obtidos por meio de uma estação meteorológica automática (EMA) da marca Campbell Scientific, Inc. instalada no Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP (Câmpus de Jaboticabal/SP). Foram aplicadas técnicas para verificar a integridade dos dados da EMA e o modelo SWAT para simular a precipitação pluviométrica. Observou-se que os dados apresentados pela EMA se mostraram satisfatórios para serem utilizados no dimensionamento de barragens, para a conservação da água e do solo, para analisar o déficit hídrico e/ou saturação do solo, na melhoria do sistema de gestão de recursos hídricos e naturais, bem como para projetos de integração floresta – agricultura – pecuária.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelo swat, estação meteorológica automática, precipitação pluviométrica

### **SIMULATION AND ANALYSIS OF RAINFULL USING THE MODEL SWAT**

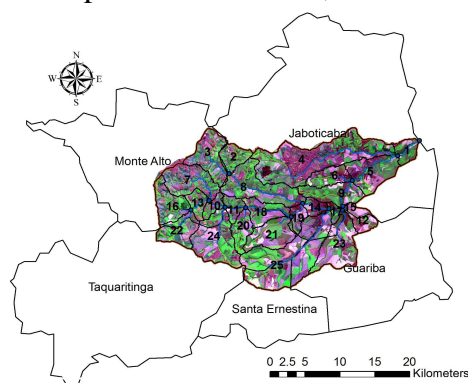
**ABSTRACT:** This study aimed to analyze and simulate rainfall using the SWAT model (Soil and Water Assessment Tool). Data were obtained by means of an automatic weather station (EMA) Mark Campbell Scientific, Inc. installed in the Department of Rural Engineering FCAV / UNESP (Jaboticabal Campus / SP). Techniques were applied to verify the integrity of the EMA data and the SWAT model to simulate rainfall. It was noted that the data presented by the EMA were satisfactory for use in the design of dams to conserve water and soil, to analyze drought and / or saturation of the soil, improving water resources management system and natural as well as for forest integration projects - agriculture - livestock.

**KEYWORDS:** swat model, automatic weather station, rainfall

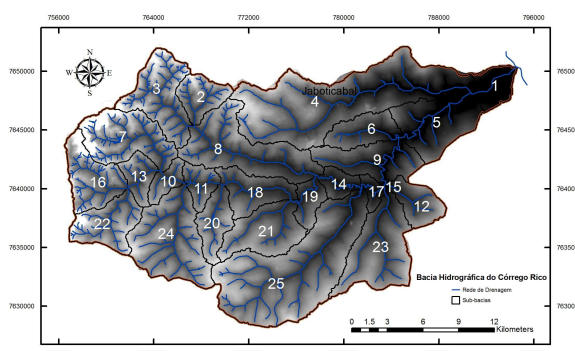
**INTRODUÇÃO:** No Brasil, as Estações Meteorológicas Automáticas (EMAs) vêm sendo utilizadas com frequência nas universidades, no setor agrícola e por alguns institutos de pesquisa. Os principais fabricantes são: a Campbell Scientific e a Davis Instruments. Várias técnicas para análise e validação de dados vêm sendo implementadas pelo CIMIS (*Califórnia*

*Irrigation Management Information System*) (TURCO; BARBOSA, 2008). Neste sentido, Estévez, Gavilán e Giráldez (2011) aplicaram técnicas para verificar a confiabilidade dos dados da *Red de Información Agroclimática de Andalucía* (RIAA). Os autores concluíram que é necessário analisar cada estação da RIAA para detectar erros nos dados meteorológicos, já que cada estação está localizada em uma região e, com isso, as mudanças no clima podem alterar os valores dos dados. Sharan (2014) desenvolveu um protótipo de EMA para medir dados meteorológicos de forma remota. Os resultados mostraram-se aceitáveis, quando comparados com EMAs existentes no mercado. O modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) é uma ferramenta computacional utilizado para avaliar as condições do solo e da água por meio da modelagem da superfície de bacias hidrográficas (NEITSCH et al., 2011). Pissarra et al. (2014) utilizaram o SWAT para estudar o processo de erosão na Bacia Hidrográfica do Córrego Tijuco Preto em razão da precipitação. Como resultado, foi possível identificar as principais áreas erosivas entorno da bacia. Sudjarit, Pukngam e Tangthan (2015) utilizaram o SWAT para analisar a produção de sedimentos de uma região da Tailândia. Como resultado, foi identificado a possibilidade de desabamentos de terra e processos erosivos devido à precipitação.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A pesquisa foi realizada na FCAV/UNESP (Câmpus de Jaboticabal/SP) situada a 21°14'05"S de latitude, 48°17'09"O de longitude e altitude de 613,68 m. O clima, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Cwa. Os dados analisados da precipitação são relativos aos anos de 2011 e 2012 e foram obtidos pela EMA da Campbell Scientific instalada no Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP. Para analisar a integridade dos dados da estação, foram aplicadas as técnicas descritas por Allen (1996). Periodicamente, os dados da EMA da Campbell são aferidos em relação a Estação Convencional Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP. Para Allen (1996), registros de dados produzidos por estações meteorológicas podem ser comparados aos registros de estações vizinhas para verificar se houve alteração na operação dos sensores. Essa técnica é conhecida como análise de dupla massa. Em seguida, analisou-se a integridade destes dados e, posteriormente, foram utilizados no modelo SWAT para verificar as consequências da precipitação sobre os parâmetros hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico/SP; localizada nas latitudes 21°10'S e 21°28'S e longitudes 48°10'W e 48°35'W com escala 1:50.000 (IBGE, 1971). Sua extensão é entorno de 542 km<sup>2</sup>, abrangendo os municípios de Jaboticabal, Monte Alto, Taquaritinga, Santa Ernestina e Guariba (Figura 1).



**FIGURA 1.** Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico/SP.

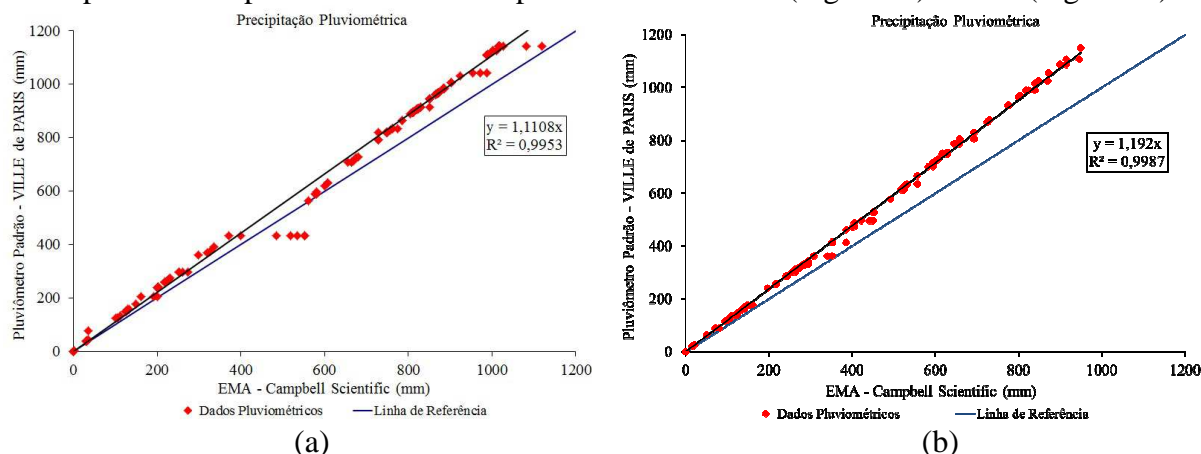


**FIGURA 2.** Sub-bacias e redes de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico/SP.

Os arquivos de entrada para o SWAT foram definidos para a bacia hidrográfica, sub-bacias e *Hydrological Response Units* (HRUs). Para delinear a bacia hidrográfica com as sub-bacias, utilizou-se o mapa do modelo digital de elevação (MDT), o qual foi criado na resolução espacial de 30 m, na interpolação do plano de informação (PI) das curvas de nível com

equidistância de 20 m (PISSARRA, 2002). O método foi de interpolação TIN por rede de triangulação, na representação matemática de superfície altimétrica, nas coordenadas x, y e z em uma série de triângulos irregulares gerados da interpolação de linhas e pontos, espaçadas irregularmente no módulo 3D Analyst do programa ArcGis 9.1. A direção do fluxo de água foi gerada e a área limite das sub-bacias foi de 2.500 ha, perfazendo 25 sub-bacias (Figura 2).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Figura 3 apresenta os resultados referentes a precipitação medida com o pluviômetro de balsa (da Campbell) comparada com a precipitação medida com o pluviômetro padrão Ville de Paris para os anos de 2011 (Figura 3a) e 2012 (Figura 3b).



**FIGURA 3.** Soma acumulativa da precipitação pluviométrica (anos 2011 e 2012).

A inclinação da reta apresentada nas Figuras 3a e 3b, diferente de  $45^\circ$ , não indicaria boa qualidade dos dados da EMA da Campbell. Porém, como a estação está instalada ao lado do pluviômetro padrão, o motivo da inclinação ser diferente de  $45^\circ$  é devido há um problema construtivo do pluviômetro de balsa. Este problema é identificado quando ocorrem precipitações de grande intensidade, pois no momento de bascular, parte da água é perdida e não registrada pelo sensor. Os resultados obtidos corroboram com os de Turco e Barbosa (2008), os quais avaliaram a EMA do mesmo fabricante (Campbell). Já Seibert e Morén (1999) testaram seis tipos de pluviômetros de balsa e concluíram que, para precipitações acima de 100 mm, o sensor não registra os dados na mesma velocidade em que a precipitação ocorre. Resultados semelhantes foram obtidos por Humphrey e Istok (1996), onde concluíram que o pluviômetro de balsa apresenta erros de 5% a 29% quando submetidos a intensas precipitações. A Tabela 1 apresenta a comparação entre os dados mundiais (série histórica de 10 anos) e os dados da Campbell.

**TABELA 1.** Comparação dos parâmetros hidrológicos de saída do SWAT entre os dados mundiais e os dados da EMA da Campbell Scientific.

Parâmetros Hidrológicos de Saída (SWAT)	Dados Mundiais (mm)	Dados da EMA da Campbell (mm)
Precipitação	1708,8	1218,0
Evaporação + Transpiração	777,1	883,8
Escoamento Superficial	308,79	139,01
Percolação	555,34	165,23
Deflúvio	503,31	134,66

Nota-se na Tabela 1 que os dados obtidos pela EMA da Campbell apresentam diferenças significativas com relação aos dados mundiais; exceto nos parâmetros evaporação+transpiração e precipitação. Isso significa que os dados de entrada influenciaram nos dados de saída do SWAT.

**CONCLUSÕES:** O pluviômetro da estação da Campbell apresenta problema construtivo. No SWAT, observa-se que a qualidade dos dados da precipitação influencia diretamente nos parâmetros hidrológicos, o que pode comprometer o planejamento e a gestão de bacias hidrográficas, bem como projetos de integração floresta – agricultura – pecuária.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 122, n. 2, p.97-106, 1996. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1996\)122:2\(97\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1996)122:2(97)).

ESTÉVEZ, J.; GAVILÁN, P.; GIRÁLDEZ, J. V. Guidelines on validation procedures for meteorological data from automatic weather stations. **Journal of Hydrology**, v. 402, p.144-154, 2011. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.02.031.

HUMPHREY, M. D.; ISTOK, J. D. A new method for automated dynamic calibration of tipping-bucket rain gauges. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v.14, p. 1513-1519, 1996.

NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J. G.; KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J. R. **Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009**. Texas Water Resources Institute, College Station, Texas, 2011. Disponível em: <<http://swat.tamu.edu/media/99193/swat2009-theory-portuguese.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

PISSARRA, T. C. T. **Análise da bacia hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal, SP:** comparação entre imagens TM-Landsat 5 e fotografias aéreas verticais. 2002. 136f. Tese (Doutorado em Agronomia - Área de Concentração em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PISSARRA, T. C. T.; MIGLIACCIO, K. W.; ARRAES, C. L.; OLIVEIRA, G. S.; BUENO, C. R. P.; CAMPOS, S. Erosion prediction using Swat model in Córrego Tijuco Watershed, São Paulo State, Brasil. In: International SWAT Conference, 2014, Porto de Galinhas. **Anais ...** Porto de Galinhas: Texas Water Resources Institute, 2014.

SEIBERT, J.; MORÉN, A. S. Reducing systematic errors in rainfall measurements using a new type rain gauge. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.98-99, p.341-348, 1999.

SHARAN, R. V. Development of a remote automatic weather station with a PC – based datalogger. **International Journal of Hybrid Information Technology**, v.7, n.1, 2014, p.233-240. <http://dx.doi.org/10.14257/ijhit.2014.7.1.19>.

SUDJARIT, W.; PUKNGAM, S.; TANGTHAN, N. Application of SWAT model for assessing effect on main functions of watershed ecosystem in Headwater, Thailand. In: International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 5(2), p.57-69, 2015. **Proceedings ...** Disponível em: <<http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/online-version.asp>>. Acesso em: 24 jan. 2016.

TURCO, J. E. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação de duas estações meteorológicas automatizadas, para estimativa diária da evapotranspiração de referência obtida pelo método de Penman-Monteith. **Irriga: Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**. Botucatu-SP, v. 13, n. 3, p.339-354, 2008.