



## PERDA E CORREÇÃO DE DADOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO NOROESTE PAULISTA<sup>1</sup>

L.G. Farinassi<sup>2</sup>, F.B.T. Hernandez<sup>3</sup>, E.C. Amendola<sup>4</sup>

**RESUMO:** As informações relativas à evapotranspiração são utilizadas por inúmeros pesquisadores, estudiosos e jornalistas que lidam profissionalmente com os elementos climático e assim, o objetivo deste trabalho foi apresentar a correlação estatística entre os valores de evapotranspiração de referência obtidos pelas oito estações que compõem a Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, operada pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira, de modo a preencher eventuais lacunas na série histórica por perdas de dados de diferentes natureza, desde falha em sensores até inadequado funcionamento do sistema de aquisição de dados utilizados. A Rede disponibiliza de forma livre e gratuita dados de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) estimada por Penman-Monteith, velocidade e direção do vento, chuva, radiação global, líquida e fotossinteticamente ativa, temperatura e umidade. Esses dados são essenciais nas tomadas de decisões, dimensionamento de projetos agrícolas e manejo de irrigação de produtores agrícolas e irrigantes, entre outros e assim, manter um programa de avaliação da qualidade e controle da integridade dos dados é essencial para a confiabilidade do sistema. Combinando entre si as estimativas da ET<sub>o</sub> das estações através de regressões de primeiro grau foi possível identificar quais são as mais adequadas para correção de falhas de dados, sendo que as correlações apresentaram R<sup>2</sup> que variaram entre 0,2712 a 0,8797.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estação Agrometeorológica. Correção de dados. Correlação de dados.

## LOSS AND CORRECTION OF EVAPOTRANSPIRATION DATA IN THE NORTHWEST OF SÃO PAULO

**ABSTRACT:** the information of Evapotranspiration is used by numerous researchers, scholars and journalists who deal professionally with the climatic elements and thus, the objective of this work was to present the statistical correlation between the reference evapotranspiration values obtained in eight automatic stations from the São Paulo Northwestern

<sup>1</sup> Apoio financeiro da FAPESP através do Processo 2.009/52.467-4

<sup>2</sup> Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia na UNESP Ilha Solteira. Email: larissagodarelli@gmail.com

<sup>3</sup> Professor Titular da UNESP Ilha Solteira. Email: fbhtang@agr.feis.unesp.br

<sup>4</sup> Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia na UNESP Ilha Solteira. Email: emanoele.amendola@gmail.com

Weather Network built and operated by Area of Hydraulics and Irrigation at UNESP, in order to fill any gaps in the historical series for data losses of different nature, from sensor failure to inadequate operation of the data acquisition system used. The network provides free data about the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) estimated by Penman-Monteith, wind speed and direction, rain, global, liquid and photosynthetic active radiation, temperature and humidity. These data are essential in decision-making, designing agricultural projects and irrigation management of agricultural and irrigation producers, among others, and in addition the maintaining a program of quality assessment and data integrity control is essential for system reliability. By combining the ET<sub>o</sub> estimations of the stations through first degree regressions, it was possible to identify which ones are the most adequate for correcting data failures, the correlations showed R<sup>2</sup> that ranged from 0.2712 to 0.8797.

**KEYWORDS:** data correction, data quality, weather station

## INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vem passando nos últimos anos por um processo intenso de transformação e modernização. Neste contexto, é crescente a busca por informações relacionadas ao tempo, clima e produtos agrometeorológicos. Como consequência da maior facilidade de acesso à internet, inclusive no meio rural, a demanda por produtos agrometeorológicos deverá crescer rapidamente, abrindo espaço para a geração desses produtos por parte de órgãos governamentais e privados (CARAMORI et al., 2002).

Algumas regiões do Brasil já dispõem de sistemas de monitoramento agroclimáticos que prestam serviços relevantes à agricultura desses locais e à sociedade.

A ONU juntamente com a (FAO) recomenda o uso da equação de Penman-Monteith para a estimativa de evapotranspiração de referência - ET<sub>o</sub> (Allen et al., 1998) e de acordo com Camargo & Camargo (2000) este modelo é eficaz em diversas condições de umidade atmosférica necessitando, entretanto, de vários elementos meteorológicos que nem sempre se encontram disponíveis em algumas regiões.

Devido a complexidade em fazer a ET e medições atmosféricas associadas e a abundância de oportunidades para a polarização entre ET e outros conjuntos de dados (Allen et al., 2011) do tempo, pesquisadores e usuarios da literatura ET necessitam de informações suficiente a serem relatadas em artigos sobre ET para avaliar a probabilidade para a qualidade

ou erro para relatar dados, bem como informações de suficientes de utilizar dados reportados em modelos ET.

A Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista é composta por 8 estações automáticas padronizadas (cercadas nas dimensões de 10 x 10 metros, recobertas com grama batatais (*Paspalum notatum*), dotadas de sistemas de irrigação por gotejamento em subsuperfície e mesmos sensores) distribuídas em 7 municípios e coleta diferentes informações climáticas (temperatura, umidade, radiação solar global, líquida e fotossinteticamente ativa, velocidade e direção do vento, precipitação e pressão) com tempo de varredura de 10 segundos, faz o processamento e as divulga no Canal CLIMA da UNESP (<http://clima.feis.unesp.br>) juntamente com a evapotranspiração de referência, com atualização a cada cinco minutos.

A área de cobertura da Rede é 16.130 km<sup>2</sup> abrange 60 municípios (SILVA JUNIOR, 2017), sendo que Estação Ilha Solteira foi instalada do ano de 1991 e é a mais antiga com uma maior quantidade de dados históricos para serem analisados, trabalhados e corrigidos. A Estação Marinópolis foi a segunda a ser instalada (1998) e está localizada em uma região com alta concentração de viticultores praticantes da irrigação e em 2010 e 2011 outras seis estações estrategicamente localizadas são instaladas como parte do projeto “Modelagem da Produtividade da Água em Bacias Hidrográficas com Mudanças de Uso da Terra”, financiado pela Fapesp (Processo 2.009/52.467-4) que tem por objetivo introduzir pesquisas que combinam sensoriamento remoto e o conceito de rede de estações agrometeorológicas para estudos de evapotranspiração em escala regional, até então inexistente na região. Neste conceito, ao rodar os modelos, as informações climáticas obtidas pelas estações não entram com valores estanques e sim, como mais um plano de informação obtido por interpolação, onde cada *pixel* tem um valor diferenciado. Como complemento à Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista e a visão de disponibilizar de forma livre e gratuita as variáveis climáticas obtidas, a evapotranspiração de referência e outras informações decorrentes do investimento feito no monitoramento climático regional criado o Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira. Assim, este canal, além de proporcionar o acesso às informações climáticas para o desenvolvimento das pesquisas se apresenta também com um forte componente de extensão universitária permanente, com os dados das estações agroclimatológicas disponibilizadas pela UNESP Ilha Solteira, tanto em tempo real, como a base histórica, permitindo uma infinidade de aplicações, cada dia mais relevante face às mudanças climáticas e eventos extremos cada vez mais frequentes.

O acesso permanente aos dados tanto pela comunidade científica como pela sociedade em geral garante grande visibilidade e também responsabilidade aos gestores que devem ofertar

dados com elevada qualidade e situações diversas podem levar a perda na aquisição das variáveis climáticas ao mesmo tempo que sensores precisam ser repostos com o passar do tempo e assim, deve se prever ações que possibilitem manter a integridade do banco de dados e é o que se propõe este trabalho, oferecer as equações de regressão necessárias para o preenchimento dos dados faltantes - ou a sua correção - da evapotranspiração de referência.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram analisados os dados de evapotranspiração de referência de todas as estações da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista no período de 14 de julho de 2011 a 31 de dezembro de 2016. A análise e manipulação dos dados foi feita em planilha eletrônica que possibilitou a geração de gráficos e a obtenção dos coeficientes de regressão entre as possíveis combinações entre cada estação.

Para cada Estação foi gerado uma equação para correção, calibração dos dados de evapotranspiração, sendo que para cada Estação Agrometeorológica foi colocada no eixo x confrontada com outra Estação Agrometeorológica no eixo y, gerando todas as possíveis combinações de correção de dados de evapotranspiração, assim obtendo todos os  $R^2$  de melhor desempenho no coeficiente de determinação.

As Estações encontram-se posicionadas em diferentes municípios, com exceção das Estações Bonança e Santa Adélia que pertencem ao município de Pereira Barreto. As localizações geográficas, bem como a relação dos municípios a que pertencem, e a data de início de operação para cada Estação que compõe a Rede Agrometeorológica do Noroeste de São Paulo estão resumidas na Tabela 1.

Para melhorar a compreensão da espacialização das Estações dentro da área delimitada foram especificadas, na Tabela 2, as distâncias, em linha reta, entre as Estações e estas, perpendicularmente, aos limites Oeste, Leste, Norte e Sul do mapa.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados apresentados na Tabela 3 mostram todas as correlações estatísticas com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), sendo a forma de avaliar a qualidade do ajuste do modelo, este coeficiente indica quanto o modelo foi capaz de explicar os dados coletados. Os dados apresentados na tabela mostram todas as possíveis combinações entre todas as Estações Agrometeorológicas, sendo que os  $R^2$  variaram de 0,2712 a 0,8797.

Essas variações no coeficiente de determinação podem ter ocorrido devido ao local onde se localiza cada Estação Agrometeorológica, que varia tanto em latitude, longitude e altitude.

A Estação Agrometeorológica que obteve o maior  $R^2$  foi a Estação de Sub Mennucci confrontada com a Estação Bonança, com o  $R^2$  de 0,8797 corrigindo a evapotranspiração, isso pode ter ocorrido devido à proximidade de apenas 10 km de distância entre as Estações e apenas com 7 metros de altitude as distinguem, por estarem quase nas mesmas coordenadas geográficas e altitude o mesmo  $R^2$  apresentou significância estatística para a correção das ambas Estações Agrometeorológicas, variando somente na equação em  $a$  e  $b$ . Com o segundo maior  $R^2$ , foi encontrado na correlação entre as Estações Agrometeorológicas de Ilha Solteira e Marinópolis sendo 0,8403 contendo uma distância em linha reta entre suas localizações de 57 km, estando quase na mesma longitude e variando mais na latitude esse mesmo  $R^2$ , pode ser aplicado na correção de dados de evapotranspiração tanto da Estação Agrometeorológica de Marinópolis, quanto na de Ilha Solteira, diferenciando somente na equação em  $a$  e  $b$ .

Itapura sendo corrigida por Sud Mennucci obteve um  $R^2$  0,7731 esse coeficiente de determinação pode ser ocorrido devido à proximidade linear entre as Estações Agrometeorológicas de 54 km, e a diferença de altitude de 15 m e por estarem próximas em suas latitudes.

Para a correção e calibração dos dados de Paranapuã a Estação Agrometeorológica que tem o  $R^2$ , que pode ser usado para a equação de correção é a Estação de Marinópolis localizadas a 52 km de distância uma da outra obteve o  $R^2$  0,7816.

Populina e Paranapuã localizadas a apenas 19 km entre suas localizações e permanecendo em latitudes semelhantes as Estações Agrometeorológicas quando correlacionadas obtiveram o  $R^2$  0,61 para ser utilizado quando haver falhas nos dados em evapotranspiração.

Santa Adélia confrontada com os dados de evapotranspiração de todas as Estações Agrometeorológicas, há que alcançou uma melhor correlação estatística foi a Estação de Ilha Solteira que gerou um  $R^2$  de 0,3718, sabendo que as estas estações estão distantes uma da outra 15 Km com mostra a tabela 2.

Para cada Estação Agrometeorológica foi construída uma equação de correlação para a correção dos dados de evapotranspiração (mm/dia)  $Y = B x + A$ . As melhores equações para cada Estação Agrometeorológica são respectivamente: Ilha Solteira  $Y = 0,8736 x + 0,3884$ ; Marinópolis  $Y = 0,9618 x + 0,2974$ ; Bonança  $Y = 0,9608 x + 0,723$ ; Itapura  $Y = 0,926 x + 0,7001$ ; Paranapuã  $Y = 0,9379 x + 0,3356$ ; Populina  $Y = 0,7776 x + 0,9373$ ; Santa Adélia  $Y = 0,5638 x + 1,7634$ ; Sub Mennucci  $Y = 0,9156 x + 0,4001$ .

Estes resultados mostram que, além da necessidade da correção da evapotranspiração, deve-se tomar o cuidado de se corrigir de maneira satisfatória, uma vez que, a não utilização correta de um método de correção, poderá induzir em um erro maior do que a não correção.

## CONCLUSÕES

Os resultados mostram ser possível estabelecer um programa de controle de qualidade e reposição de dados perdidos de evapotranspiração de referência – que é a base para o manejo da irrigação via atmosfera - através de equações de regressão linear e também a necessidade de cuidados na seleção do método de correção, bem como da sua correta utilização para que haja integridade e qualidade do banco de dados disponibilizado.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESP pelo apoio financeiro na implantação da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista (Processo 2.009/52.467-4).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., HOWELL, T.A., JENSEN, M.E. Evapotranspiration information reporting: I Requirements for accuracy in measurement. *Agric. Water Manage.* v.98, n. 6, p.899-920. 2011.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*, Roma: FAO, 1998. FAO. Irrigation and Drainage. Paper 56.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia*, Campinas, v.59, n.2, p.125-137, 2000.
- CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. de; BRUNINI, O.; BERGAMASCHI, H.; BRAGA, H. J. Diagnóstico da agrometeorologia operacional no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.10, n.2, p. 363-371, jul./dez. 2002.
- SILVA JUNIOR, J.F. Evapotranspiração de referência como base para o manejo sustentável da irrigação no Noroeste Paulista, Dissertação de Doutorado, Botucatu, p,36, 2017.

## ANEXOS

**Tabela 1.** Posicionamento geográfico, localidade e data de início de operação das estações que compõem a Rede Agrometeorológica do Noroeste de São Paulo (<http://clima.feis.unesp.br/listaestacao.php>).

ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	MUNICÍPIO	INÍCIO DA OPERAÇÃO
	(Sul)	(Oeste)	(m)		
BONANÇA	20,6731	51,0339	357	Pereira Barreto	02/09/2011
ILHA SOLTEIRA	20,4234	51,3536	337	Ilha Solteira	20/08/1991
ITAPURA	20,6411	51,475	335	Itapura	16/11/2011
MARINÓPOLIS	20,4465	50,8073	370	Marinópolis	06/08/1998
PARANAPUÃ	20,0246	50,5659	436	Paranapuã	16/12/2010
SUB MENNUCCI	20,7283	50,9597	350	Sud Mennucci	07/07/2011
POPULINA	19,8796	50,4704	394	Populina	11/06/2011
SANTA ADÉLIA	20,5283	51,2494	426	Pereira Barreto	14/07/2011

**Tabela 2.** Distâncias, em km, entre as estações que compõem a Rede Agrometeorológica do Noroeste de São Paulo (<http://clima.feis.unesp.br/listaestacao.php>) e entre os limites geográficos da área de influência ou cobertura (SILVA JUNIOR, 2017).

	BONANÇA	ILHA SOLTEIRA	ITAPURA	MARINÓPOLIS	PARANAPUÃ	SUB MENNUCCI	POPULINA	SANTA ADÉLIA
BONANÇA								
ILHA SOLTEIRA	43							
ITAPURA	46	27						
MARINÓPOLIS	35	57	73					
PARANAPUÃ	87	93	117	52				
SUB MENNUCCI	10	53	54	35	88			
POPULINA	106	110	135	72	19	107		
SANTA ADÉLIA	28	15	27	47	91	38	109	
NORTE	46	4	12	51	22	74	9	21
SUL	19	28	2	42	101	17	126	11
LESTE	113	156	156	99	70	107	14	137
OESTE	16	2	4	60	31	21	16	23

**Tabela 3.** Todos os R<sup>2</sup> obtidos a partir de todas as possíveis combinações extrem cada Estação Agrometeorológica

R2	ILHA SOLTEIRA	MARINOPOLIS	BONANÇA	ITAPURA	PARANAPUA	POPULINA	SANTA ADELIA	SUD MENNUCCI
ILHA SOLTEIRA		0,8403	0,8087	0,7251	0,7374	0,5258	0,3718	0,7918
MARINOPOLIS	0,8403		0,8162	0,6935	0,7816	0,5635	0,3616	0,7966
BONANÇA	0,8087	0,8162		0,7033	0,7332	0,5123	0,316	0,8797
ITAPURA	0,7251	0,6935	0,7033		0,6215	0,4239	0,3037	0,7731
PARANAPUA	0,7374	0,7816	0,7332	0,6215		0,61	0,3235	0,7476
POPULINA	0,5258	0,5635	0,5123	0,4239	0,61		0,3063	0,4576
SANTA ADELIA	0,3718	0,3616	0,316	0,3037	0,3235	0,3063		0,2712
SUD MENNUCCI	0,7918	0,7966	0,8797	0,7731	0,7476	0,4576	0,2712	

**Tabela 4.** Equação para cada Estação Agrometeorológica baseada na Evapotranspiração (mm/dia)  $Y = B x + A$ 

EQUAÇÕES	A	B	R2
ILHA SOLTEIRA X MARINÓPOLIS	0,3884	0,8736	0,8403
MARINÓPOLIS X ILHA SOLTEIRA	0,2974	0,9618	0,8403
BONANÇA X SUD MENNUCCI	0,0723	0,9608	0,8797
ITAPURA X SUB MENNUCCI	0,7001	0,926	0,7731
PARANAPUA X MARINÓPOLIS	1,0556	0,7032	0,7816
POPULINA X PARANAPUA	0,9373	0,7776	0,61
SANTA ADELIA X ILHA SOLTEIRA	0,5638	1,7634	0,3718
SUD MENNUCCI X BONANÇA	0,4001	0,9156	0,8797