

**PERDA E CORREÇÃO DE DADOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA
COMO APOIO AO IRRIGANTE NA REGIÃO DE ITAPURA – SP**

F. O. Machado¹, F. B. T. Hernandez²

RESUMO: Um dos parâmetros mais importantes para os irrigantes é a evapotranspiração de referência (ET_o) havendo dificuldades em sua obtenção em várias localidades do Brasil. Assim o presente trabalho tem como objetivo estabelecer valores estimados de evapotranspiração de referência para a região de Itapura na região Noroeste do Estado de São Paulo. Foi utilizado a análise de regressão como ferramenta para o preenchimento dos dados faltantes através da identificação e correção de dados agrometeorológicos inconsistentes. A Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista fornece de forma livre e gratuita todas as variáveis agrometeorológicas, incluindo a evapotranspiração de referência (ET_o) estimada por Penman-Monteith, o qual, é de extrema importância para os irrigantes e para o planejamento da safra através do balanço hídrico e para o manejo da irrigação. Portanto, a qualidade dos dados e correção de falhas no sistema de coleta nas estações agrometeorológicas é essencial para a confiabilidade no sistema. Combinando os dados de estimativas da ET_o das estações de Sub Mennucci (SP) e Itapura (SP) através de regressões de primeiro grau foi possível chegar a um modelo de regressão linear que realizou as correções das falhas onde verificou que os meses em ordem crescente foram os meses de novembro, setembro, dezembro e fevereiro tiveram maiores valores numericamente estimados para evapotranspiração de referência, com respectivamente 4,5; 4,9; 5,0; 5,9 mm dia⁻¹. Os menores valores em ordem crescente numericamente de ET_o foram observadas nos meses de junho, maio, julho e março com médias mensais respectivamente de 2,6; 3,1; 3,2 e 3,7 mm dia⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Estação agrometeorológica, correção de dados, correlação de dados

**MISS AND CORRECTION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION DATA IN
THE REGION OF ITAPURA - SP AS A SUPPORT TO THE IRRIGANT**

¹ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na UNESP Botucatu. Email: foliveiramachado0@gmail.com

² Professor Titular da UNESP Ilha Solteira. Email: fernando.braz@unesp.br

ABSTRACT: One of the most important parameters for irrigators is the reference evapotranspiration (ET_o), which is difficult to obtain in several locations in Brazil. Thus, the present work aims to establish estimated reference evapotranspiration values for the Itapura region in the Northwest region of the State of São Paulo. Regression analysis was used as a tool to fill in missing data through the identification and correction of inconsistent agrometeorological data. The Agrometeorological Network of Noroeste Paulista provides all agrometeorological variables free of charge, including the reference evapotranspiration (ET_o) estimated by Penman-Monteith, which is extremely important for irrigators and for crop planning through the balance sheet water and irrigation management. Therefore, data quality and correction of failures in the collection system at agrometeorological stations is essential for system reliability. Combining the ET_o estimates data from the Sub Mennucci (SP) and Itapura (SP) stations through first degree regressions, it was possible to arrive at a linear regression model that performed the corrections of the faults where it was verified that the months in ascending order were the months of November, September, December and February had higher numerically estimated values for reference evapotranspiration, with respectively 4.5; 4.9; 5.0; 5.9 mm day⁻¹. The lowest values in numerically increasing order of ET_o were observed in the months of June, May, July and March with monthly averages, respectively, of 2.6; 3.1; 3.2 and 3.7 mm day⁻¹.

KEYWORDS: data correction, data quality, weather station

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira a cada ano vem se consolidando no cenário mundial como uma das maiores produtoras de alimentos do mundo, fato comprovado pelos últimos levantamentos das safras de grãos, sobretudo soja e milho. Este resultado vem sendo atribuído às mudanças e modernização do setor, principalmente relacionado a adoção de técnicas conservacionistas de manejo do solo e a expansão da agricultura irrigada (CARAMORI et al., 2002).

Diante desse cenário de crescimento da agricultura irrigada brasileira, é de suma importância o uso de dados agrometeorológicos e informações relacionadas ao clima da região onde se encontra os irrigantes (MARTINS et al., 2016). A expansão de tecnologias de informação e comunicação no meio rural se tornaram uma ferramenta muito interessante para o manejo e operação por parte dos irrigantes (MARTINS et al., 2016). Quando o irrigante faz uso correto das informações/dados advindas dessas estações agrometeorológicas o custo para fechar um determinado ciclo de uma cultura tende a ser menor, sobretudo comparado com os

produtores que não se utilizam dessas tecnologias (PEREIRA et al., 2002). Devido a isso a procura por esses produtos tem apresentado um crescimento muito rápido por parte de empresas privadas e órgãos governamentais.

Devido à grande extensão do território brasileiro e de diferentes condições climáticas de umidade atmosféricas, muitas vezes influenciados pelo relevo, foram criados vários sistemas de monitoramento agroclimáticos que prestam serviços relevantes ao irrigante e pôr fim a sociedade (SANTOS et al., 1998). Dentre diversos parâmetros, um dos mais importantes para o manejo da agricultura irrigada é a determinação dos valores de evapotranspiração, cuja importância está ligada ao balanço hídrico e sua finalidade está na identificação de períodos secos e excessos de água favorecendo a gestão dos recursos hídricos pelos irrigantes.

Para determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) são recomendados pela agência da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) o método Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) sendo considerado como o mais apropriado para estimativa da ET_o, e tido como padrão sendo utilizado por décadas e de reconhecimento internacional. No entanto, apesar de ser um método que possui uma boa relação com o fenômeno biofísico da evapotranspiração existe uma necessidade de coleta dos dados da estação meteorológica mais próxima onde se encontra os equipamentos do irrigante (SANTOS et al., 1998).

Atualmente a Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista é composta por 9 estações automáticas padronizadas estendendo por 60 municípios do Estado de São Paulo a grande maioria desses municípios se localiza dentro de uma região conhecida como Noroeste Paulista com exceção de Dracena que não faz parte do Noroeste Paulista totalizando uma área 16.120 Km² (SILVA JUNIOR, 2017), que possuem cerca de 9.541 hectares irrigados por 137 pivôs centrais (AMENDOLA, 2016). Cada estação possui o centro ocupando por uma área de 100 m² (10m x 10m) sobre grama batatais (*Paspalum notatum*) irrigado por gotejamento em superfície, se constituindo na Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista. Distribuída entre sete municípios, estão equipadas com sensores e *datalogger* que possibilitam a coleta dos dados/informações da temperatura e umidade do ar, radiação solar global, radiação líquida, radiação fotossinteticamente ativa, velocidade e direção do vento e precipitação e pressão atmosférica. Todas as estações são programadas com um tempo de varredura de 10 segundos e os dados coletado são enviados para o servidor do Canal CLIMA da UNESP alocado no link (<http://clima.feis.unesp.br>) juntamente com a evapotranspiração de referência, com atualização a cada cinco minutos.

A Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista tem como papel fundamental o apoio ao Irrigante através da disponibilização de maneira gratuita e livre as diferentes variáveis

agrometeorológicas, visando o monitoramento climático regional. Além disso, o Canal CLIMA da UNESP contribuiu para o crescimento e desenvolvimento de pesquisas aplicadas junto aos Irrigantes, tornando-se um braço da extensão universitária com a disponibilização das variáveis adquiridos pelos sensores, permitindo o monitoramento e o manejo da agricultura irrigada frente às mudanças climáticas e eventos extremos cada vez mais frequentes (SOUZA et al., 2011).

Dentro as oito estações agrometeorológicas localizadas no Noroeste Paulista se destaca a Estação Agrometeorológicas de Itapura - SP com a maior área irrigada em seu entorno em relação às demais, com 2.147 hectares, 26 pivôs centrais e está localizada no município de Itapura (à 335 m em relação ao nível do mar) e teve operação iniciada em 16/11/2011. No entanto devido aos problemas técnicos e de manutenção como um incêndio na área onde está localizada essa estação muitos parâmetros de interesse para os irrigantes estão com falhas de leitura ou perdidos, entre eles se destaca a evapotranspiração de referência (SILVA JUNIOR, 2017). Essas inconsistências de dados disponibilizados aos Irrigantes da região de Itapura ocasiona dificuldades, dúvidas ou imprecisão na análise dos dados.

Em busca de alternativas para solucionar isso, muitos métodos têm sido estudados visando uma maior acurácia dos parâmetros/estimativa dos dados ausentes ou falhos (SOUZA et al., 2011). Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo estabelecer valores estimados de evapotranspiração de referência para a região de Itapura, no Noroeste do estado de São Paulo, utilizando de equações de regressão como ferramenta para o preenchimento dos dados faltantes - ou a sua correção - da ETo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para estimar a evapotranspiração de referência da estação agrometeorológica de Itapura foi utilizado a regressão de acordo com o trabalho desenvolvido por (FARINASSI et al., 2017) onde verificou que a Estação de Sub Mennucci foi a que alcançou a melhor correlação estatística. As estações agrometeorológica de Itapura e Sub Mennucci encontram-se posicionadas em diferentes municípios sendo a primeira no município de Itapura com início de operação em 16/11/2011 com os seguintes limites territoriais de 12 Km Norte, 2 km a Sul, 156 km a Leste e 4 km a Oeste e a segunda no município de Sub Mennucci com data inicial de operação 07/07/2011 e com os seguintes limites territoriais 74 Km Norte, 17 km a Sul, 107 km a Leste e 21 km a Oeste.

Para a correção de erros dos dados e preenchimento das falhas da Estação Itapura foram analisados os dados meteorológicos disponibilizados no banco de dados do Canal CLIMA da UNESP permitindo realizar testes de validação e estimativa de dados compilados e corrigidos para o período de 01 de novembro de 2020 a 01 de novembro de 2021 totalizando um ano de dados compilados. Para análise, validação e manipulação dos dados se fez uso de planilha eletrônica, usando *software* Excel, que facilitou a construção de gráficos assim como a obtenção do coeficiente de regressão entre as duas estações estudadas.

Após a compilação e verificação dos dados, foi realizada uma análise de regressão linear que buscou correlacionar os valores de ETo estimados pelo modelo de equação regressão gerado pelo *software* Excel com o método universal padrão FAO 56 Penman Monteith (FAO56-PM). Para avaliar o desempenho e a qualidade dos dados estimados foram considerados os parâmetros da equação de regressão β_1 e o coeficiente de determinação (R^2).

A calibração dos dados de evapotranspiração da estação agrometeorológica de Itapura foi realizada com auxílio de gráficos. Os dados da estação agrometeorológica de Sud Mennucci foram alocadas no eixo x do gráfico e os dados da estação de Itapura foram alocados no eixo y. Assim foi gerado a equação de regressão linear utilizada para a correção dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na Figura 1 está apresentado a distribuição da série histórica dos dados das estações de Itapura e Sub Mennucci onde mostra a correlação estatística e o coeficiente de determinação (R^2). Essa equação foi utilizada para avaliar a qualidade do ajuste do modelo e o coeficiente de regressão indica quanto o modelo foi linear e capaz de explicar os dados coletados.

Os dados coletados de 2011 a 2021 mostrados na Figura 1 evidenciam que existe uma relação de linearidade entre as Estações Agrometeorológicas de Sub Mennucci e Itapura onde a combinação entre as duas, resultou em um coeficiente de determinação (R^2) de 0,7909. Esse resultado no coeficiente de determinação está de acordo com estudos realizados por Farinassi et al. (2017), o qual trabalhou com a Rede Agrometeorológica de Estações do Noroeste Paulista atribuiu esse resultado e sua baixa variação à proximidade entre as estações, devido à baixa altitude e a longitude entre as estações envolvidas onde foi observado que as estações estão distantes uma da outra por 54 km, e apresentam uma diferença de altitude de 15 m.

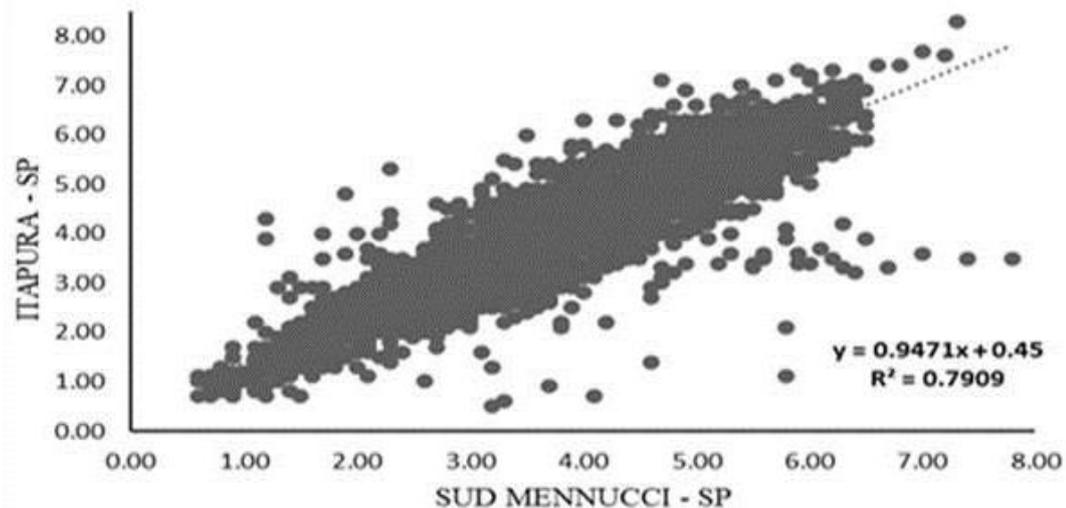


Figura 1. Distribuição dos dados da Evapotranspiração de referência diário (mm dia^{-1}) entre as Estações Agrometeorológicas de Itapura e Sud Mennucci.

Devido a essas condições os valores estimados e corrigidos ETo para a estação de Itapura se utiliza dos dados de Sub Mennucci apresentaram uma boa correlação estatística favorecendo a correção dos dados de ambas as estações estudadas.

O valor de β_1 , ou seja, do coeficiente angular na Figura 1, indica que o modelo de regressão linear apresenta super ou subestimativa ao método padrão. Analisando o valor de β_1 na Figura 1, é possível verificar a relação dos valores obtidos em relação ao método padrão, ou seja, quando o valor de β_1 é exatamente igual a 1, existe um ajuste dos valores pelo método estimado e o método padrão. O valor do coeficiente angular β_1 foi de 0,9471 sendo possível a utilização do mesmo para estimativa da ETo. Em um trabalho realizado por Giongo et al. (2013) verificaram que exatidão e precisão não são os únicos parâmetros de qualidade dos dados, no entanto as estimativas devem buscar atender aos critérios das duas.

Segundo Silva Junior (2017) essa correlação alta entre os dados observáveis, como mostrado na Figura 1, se deve ao fato das duas Estações Agrometeorológicas estarem na mesma altitude fazendo com que o microclima criando Zonas Homogêneas de distribuição de ETo de referência principalmente a temperatura mínima e máxima se torna muito semelhante entre elas. Nesse caso foi possível verificar que nem sempre uma Estação Agrometeorológica próxima possui uma correlação ótima entre os dados para se aplicar o modelo linear.

Sobre a dispersão dos dados como mostrado na Figura 1 os valores observados entre a série histórica de ETo de referência para as duas estações mostraram uma linearidade entre os dados onde seus valores se concentraram entre 1,0 e 7,0 (mm dia^{-1}).

Para o cálculo/correção dos dados perdidos da evapotranspiração estimada ETe (mm dia^{-1}) utilizou-se o seguinte modelo de equação linear $Y = B x + A$. Ele foi obtido através das variáveis observáveis entre os dados das duas Estações Agrometeorológicas onde chegou ao

seguinte modelo de equação linear para regressão estatística $Y=0,9471x+0,45$, como mostrado na Figura 1, sendo o Y a variável fixa que é o valor da Estação Agrometeorológica de Sud Mennucci e o X é a variável dependente que nesse caso é a Estação de Itapura onde os valores foram estimados através de Sud Mennucci como podemos verificar na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios mensais estimados de Evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}) a partir da Estação Agrometeorológica Sub Mennucci para o período de 01/11/2020 a 01/11/2021.

Meses	ETo Sub Mennucci	ETo Estimada	Média
Novembro	6,00	5,89	5,96
Dezembro	5,07	4,90	4,85
Janeiro	4,23	4,02	4,20
Fevereiro	4,66	4,47	4,47
Março	3,95	3,72	3,85
Abril	4,14	3,92	4,03
Maiο	3,33	3,07	3,13
Junho	2,88	2,59	2,74
Julho	3,49	3,24	3,40
Agosto	4,20	4,04	4,25
Setembro	5,18	5,02	5,00
Outubro	4,32	4,11	4,27
Novembro	5,19	5,03	5,11
Máximo	6,00	5,89	5,94
Mínimo	2,88	2,59	2,74
Média	4,29	4,08	4,19

Com relação as médias mensais que apresentaram os menores valores numericamente de evapotranspiração de referência corrigidas tomando como base os dados mensais da Estação Agrometeorológica de Sud Mennucci como mostrado na Tabela 1 em ordem crescente foram os meses de junho, maio, julho e março, com respectivamente 2,59; 3,07; 3,24 e 3,72 (mm dia^{-1}), e as maiores médias mensais em ordem crescente foram os meses de novembro, setembro, dezembro e fevereiro com respectivamente 4,47; 4,90; 5,02; 5,89 (mm dia^{-1}). Esses resultados estão de acordo com a literatura onde os dias com temperatura mais elevada e de maior demanda hídrica apresentam os maiores valores absolutos de evapotranspiração de referência.

Para os valores mensais médios numericamente de máximo e mínimo e média geral estimado para a estação de Itapura-SP através de Sud Mennucci chegou-se aos seguintes valores numericamente de ETe 5,89; 2,59 e 4,08 (mm dia^{-1}). O modelo de regressão subestimou os valores numericamente em relação ao método padrão.

Entre as médias mensais envolvendo a evapotranspiração de referência e a estimada verificou que os valores numericamente de ETo e ETe que foi observado conforme mostrado na Tabela 1 seguiu com a mesma tendência do modelo estimado para as duas Estação Agrometeorológica em estudo de Itapura-SP e a adotada de Sud Mennucci para correção de Itapura-SP tanto para as maiores e menores evapotranspiração e para média geral.

Esses valores numericamente diários de ETo demonstrado na Tabela 1, a equação do modelo de regressão linear atende de maneira geral correlaciona com os valores de ETo FAO

56-PM da Estação Agrometeorológica de Sud Mennucci-SP e tiveram bom desempenho, sendo necessário mais estudos testando novos modelos empíricos para região de Itapura -SP visando o fornecimento de dados de Eto para os irrigantes da região estudada.

Estes resultados da Tabela 1 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.

Através dos resultados apresentados na Tabela 1 foi possível constatar a sensibilidade do modelo na estimativa da ETe em escala diária e mensal, e a resposta da ETe em função da variação de dados numericamente da variável observável da Sud Mennucci coletados na estação de estudo. A maior variação na estimativa de ETo ficou entre 2,59 a 5,89 mm dia⁻¹ levando em consideração o modelo adotado e o período avaliado. Essa amplitude é numericamente próxima da encontrada por Silva Junior (2017), trabalhando com Zonas Homogêneas de evapotranspiração de referência que obtiveram amplitude entre 2,6 e 5,1 mm dia⁻¹.

Os resultados de ETe mostraram que é possível a utilização dos valores numericamente assim como a extensão dos mesmo para uma área de abrangência maior do que o local onde o estudo é realizado como citado por Henrique & Dantas (2007).

CONCLUSÕES

Os valores encontrados neste trabalho apresentaram altos níveis de correlação para FAO56-PM, indicando a possibilidade de se utilizar esse modelo de regressão linear sobretudo quando a quantidade de dados de apoio referente a ETo é pequena o uso de técnicas de estimativa da ETo se torna imprescindível desde que, ajustados com o método da FAO56-PM como foi o caso da estação de Itapura - SP, e regiões circunvizinhas com relações e dependências das variáveis meteorológicas semelhantes aquelas encontradas em Itapura -SP. Sendo possível atender os irrigantes com liberação e disponibilização da ETo de forma gratuita e livre

REFERÊNCIAS

CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. de; BRUNINI, O.; BERGAMASCHI, H.; BRAGA, H. J. Diagnóstico da agrometeorologia operacional no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 2, p. 363-371, 2002.

FARINASSI, L. G.; HERNANDEZ, F. B. T.; AMENDOLA, E. C. Perda e correção de dados de evapotranspiração no noroeste paulista. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais... IV Inovagri International Meeting – 2017.**

GIONGO, P. R.; GIONGO, L.; MOURA, G. B. A. Comparativo da Estimativa da Evapotranspiração de Referência por diferentes Métodos. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 23, n. 1, p. 11-25, 2013.

HENRIQUE, F. A. N., DANTAS, R. T. Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande, Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 6, p. 594-599, 2007.

MARTINS, J. D.; BOHRZ, I. S.; FREDRICH, M.; VERONEZ, R. P.; KUNZ, G. A.; TURA, E. F. Levantamento da área irrigada por pivô central no estado do Rio Grande do Sul. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 300-311, 2016.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

SILVA JUNIOR, J. F. Evapotranspiração de referência como base para o manejo sustentável da irrigação no Noroeste Paulista. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (Irrigação e Drenagem), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP, 2017. 77f.

SOUZA, A. P. de; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. B. D. da; ALMEIDA, F. T. de; ROCHA, H. S. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 219- 228, 2011.