

EVALDO DE PAIVA LIMA

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DE PENMAN-MONTEITH,
PADRÃO FAO (1998), A PARTIR DE DADOS DE TEMPERATURAS
MÁXIMA E MÍNIMA DE MINAS GERAIS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L732e
2005

Lima, Evaldo de Paiva, 1978-
Evapotranspiração de referência de Penman-Monteith,
padrão FAO (1998), a partir de dados de temperaturas
máxima e mínima de Minas Gerais / Evaldo de Paiva
Lima. – Viçosa : UFV, 2005.
xvi, 67f. : il. ; 29cm.

Orientador: Gilberto Chohaku Sedyama.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 46-49.

1. Evapotranspiração. 2. Penman-Monteith, Modelo de.
3. Temperatura - Minas Gerais. I. Universidade Federal de
Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 551.572

EVALDO DE PAIVA LIMA

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DE PENMAN-MONTEITH,
PADRÃO FAO (1998), A PARTIR DE DADOS DE TEMPERATURAS
MÁXIMA E MÍNIMA DE MINAS GERAIS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de julho de 2005

Prof. Aristides Ribeiro
(Conselheiro)

Prof. Márcio Mota Ramos

Prof. Luiz Cláudio Costa

Prof. Brauliro Gonçalves Leal

Prof. Gilberto Chohaku Sedyama
(Orientador)

*Aos meus pais **Narciso da Silva Lima** e **Meiry de Paiva Lima**, irmãos **Eduardo** e **Evelyne** e cunhada **Karyna**, que mesmo longe me incentivaram e depositaram sua confiança em mim.*

DEDICO

*A **Lenira Andrade**, que me deu apoio para que viesse a Viçosa e concluísse esta etapa.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e equilíbrio, que foram fundamentais na conclusão desta importante etapa. A Ele devo todo louvor, toda honra e toda glória.

Ao Professor Gilberto Sedyama, pela orientação, paciência e grande exemplo de conduta profissional.

Aos Professores Sérgio Zolnier, Aristides Ribeiro, Luís Cláudio, Brauliro Gonçalves e Márcio Mota, pelos incentivos e sugestões ao trabalho.

Aos demais professores, José Maria, Maria José, Carlos Antonio, Vicente Paulo e Elizabeth Braathen, que acrescentaram mais um pouco na minha formação acadêmica.

Aos meus amigos de república José Luiz, Givanildo Gois, Geraldo Magela, Raniére Carlos, Guilherme Bastos, Marcos Paulo, Stelito Reis, pela convivência pacífica e companheirismo.

À turma da Aliança Bíblica Universitária (ABU-Pós) Sílvio Bueno, Sônia Couto, Adriana Cláudia, Leczy Rainha, Maurício Dutra, Sarita Campos, Deise Menezes, Lissânder Amaral, Luís Gustavo, Daniela Rossato, Rafael Vivian, Charles Bispo, Mônica Rocha, Cynthia Rocha, Walnir Júnior, Kleibe Moraes, Lívia Moraes, Daniel Martins, Reinaldo Percinoto, Maira Fonseca, Carla Galbiati, Camila Bragança, Arabela Telles, Lelisângela Carvalho, Marlon Corrêa, Michele Moraes, Glauco Vieira, Keily Alves, Márcio Catalunha, pelos muitos momentos de convivência e crescimento espiritual.

À turma da pós-graduação em Meteorologia Agrícola Marilaine Campanati, Hewlley Acioli, Raquel Evangelista, Vanda Sales, Rosecélia Moreira, Cléia Souza, José Danilo, Rommel Benício, Ricardo Guimarães, Wesley Gonçalves, Alexandro Gomes, Sílvia Nazaré, Rogério Lessa, Christiane Cavalcante, Marcelo Cid, Antônio Steidle, Hernani Brazão, Wellian Chaves, Lucía Chipponelli, Rochane Oliveira, Sady Júnior, pelos muitos momentos de convivência e companheirismo. Em especial, a Rosandro Boligon, pelo constante incentivo, pelas sugestões e dicas ao trabalho.

Aos meus amigos da primeira Igreja Batista de Viçosa Pr. Sérgio Figueira, Paulo José, Karla Andrade, Emel Rapchan, Paulo Henrique, José Henrique, Adail Martins, Sinval Lopes, Lúcia do Carmo, Vanderlei Teixeira, Marli de Cássia e, principalmente, aos que moram no apartamento 123 do Alojamento Novíssimo (Weskley Cotrim, Rosenal Júnior, José Maria), pelos muitos momentos de convivência e crescimento espiritual.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola José Galinari, Kelly Portugal, Tatiana Teixeira, Marcos Magalhães, Edna Soares, Fátima Almeida e também ao senhor Milton Gino da Agronomia Vale, por nunca terem medido esforços para me ajudar.

Aos meus amigos do Grupo de Discipulado Pr. Wellington Santos, Marcelo Santos, Luciano da Silva, Arnaldo Félix, Edílson Oliveira, Emanuel Cândido, Railson Silva, Williblandes Pinheiro, por terem me apoiado em oração.

À Universidade Federal de Viçosa, representada pelo Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o Curso de Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro.

Ao senhor Edir Barbosa, pela correção lingüística.

Não antecipe os problemas, nem se preocupe com o que talvez nunca aconteça. Aproveite a luz do sol!

Benjamin Franklin (1706-1790)

A produção científica é vã se não chegar a ser utilizada por outros pesquisadores nas etapas subseqüentes da investigação, ou se não for aproveitada pelos homens que promovem a sua aplicação prática.

Rey (1972)

Deus deseja o melhor para mim (nós), pois Ele quer que eu desfrute do Seu banquete servido em uma grande mesa e não das migalhas que caem ao chão.

Evaldo Paiva (2004)

BIOGRAFIA

IVALDO DE PAIVA LIMA, filho de Narciso da Silva Lima e Meiry de Paiva Lima, nasceu em 21 de setembro de 1978, na cidade do Rio de Janeiro, RJ.

Em 1998, iniciou o Curso de Meteorologia na Universidade Federal de Alagoas, graduando-se em março de 2003.

No mesmo mês e ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Meteorologia Agrícola, com área de concentração em Agrometeorologia, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de tese em julho de 2005.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Evapotranspiração	5
2.1.1. Radiação solar	8
2.1.2. Temperatura do ar	12
2.1.3. Velocidade do vento.....	13
2.1.4. Umidade do ar	14
2.2. Influência dos elementos climáticos na evapotranspiração	17
3. MATERIAL E MÉTODO	19
3.1. Dados e área de estudo.....	19
3.2. Análise dos dados.....	19
3.3. Cálculo da evapotranspiração.....	20
3.3.1. Estimativa da umidade a partir da temperatura mínima do ar	20
3.3.2. Estimativa da radiação solar a partir de diferenças de temperatura do ar	21

	Página
3.3.3. Velocidade do vento.....	22
3.4. Médias de evapotranspiração	23
3.5. Avaliação do cálculo da ETo.....	23
3.6. Ferramentas computacionais.....	23
3.6.1. Programa REF-ET	24
3.6.2. Sistemas de Informações Geográficas	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Seleção das estações.....	27
4.2. Estimativa da umidade a partir da temperatura mínima do ar.....	27
4.3. Estimativa da radiação solar a partir de diferenças de temperatura do ar	32
4.4. Avaliação do cálculo de ETo pelas temperaturas máxima e mínima.....	36
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE.....	50

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Escala adaptada de Beaufort para a velocidade do vento	14
2. Classes gerais dos dados da velocidade do vento	22
3. Informações referentes às estações localizadas em Minas Gerais, código de identificação, coordenadas geográficas, altitude e número de anos utilizados em cada estação	28
4. Valores da pressão atmosférica e do coeficiente de ajuste (método da pressão) nas localidades em estudo, e erro-padrão de estimativa (EPE) nos períodos mensal e diário	34
1A. Valores médios do diferencial de temperatura ($T_o - T_{min}$) em °C, nas primeiras (1ª Q) e segundas (2ª Q) quinzenas do ano.....	51
2a. Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Monte Azul, MG	52
2b. Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Monte Azul, MG	53
3a. Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Araçuaí, MG.....	54
3b. Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Araçuaí, MG.....	55

4a. Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Gov. Valadares, MG	56
4b. Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Governador Valadares, MG	57
5a. Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Caratinga, MG	58
5b. Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Caratinga, MG	59
6a. Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Caparaó, MG	60
6b. Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Caparaó, MG	61
7a. Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Conc. Mato Dentro, MG	62
7b. Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Conc. Mato Dentro, MG	63
8a. Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de São Lourenço, MG.....	64
8b. Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de São Lourenço, MG.....	65
9a. Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Patos de Minas, MG	66
9b. Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Patos de Minas, MG	67

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Características da cultura de referência	6
2. Localização geográfica das estações climatológicas do INMET, utilizadas no presente trabalho	28
3. Diferença média entre a T_O e a T_{min} na primeira e segunda quinzenas de janeiro (ab) e de julho (cd), respectivamente.....	29
4. Localização das oito estações selecionadas e delimitadas pelas regiões climaticamente homogêneas, definidas por Aspiazu et al. (1990)	31
5. Temperatura do ponto de orvalho calculada <i>versus</i> temperatura mínima ajustada das estações MG1 (a), MG2 (b), MG3 (c), MG4 (d), MG5 (e), MG6 (f), MG7 (g) e MG8 (h)	33
6. Radiação estimada pelo modelo de Angström <i>versus</i> radiação baseada na temperatura utilizando coeficiente de Hargreaves das estações MG1 (a), MG2 (b), MG3 (c), MG4 (d), MG5 (e), MG6 (f), MG7 (g) e MG8 (h).....	37
7. Correlações entre os valores médios da ET_o , obtida pelo REF-ET, e da ET_o obtida pela T_{max} e T_{min} , nos períodos mensal (a), quinzenal (b), decendial (c) e semanal (d), para velocidade do vento igual a 1 m/s.....	38

8. Correlações entre os valores médios da ETo, obtida pelo REF-ET, e da ETo obtida pela T_{\max} e T_{\min} , nos períodos mensal (a), quinzenal (b), decendial (c) e semanal (d), para velocidade do vento igual a 2 m/s.....	40
9. Correlações entre os valores médios da ETo, obtida pelo REF-ET, e da ETo obtida pela T_{\max} e T_{\min} , nos períodos mensal (a), quinzenal (b), decendial (c) e semanal (d), para velocidade do vento igual a 3 m/s.....	41
10. Correlações entre os valores médios da ETo, obtida pelo REF-ET, e da ETo obtida pela T_{\max} e T_{\min} , nos períodos mensal (a), quinzenal (b), decendial (c) e semanal (d), para velocidade do vento igual a 5 m/s.....	42
11. Valores médios decendiais da ETo, obtida pelo REF-ET, e da ETo obtida pela temperatura e velocidade do vento de 2 m/s, das estações MG1 (a), MG2 (b), MG3 (c), MG4 (d), MG5 (e), MG6 (f), MG7 (g) e MG8 (h).....	44
12. Valores médios mensais da ETo, obtida pelo REF-ET, e da ETo obtida pela temperatura e velocidade do vento de 2 m/s, das estações MG1 (a), MG2 (b), MG3 (c), MG4 (d), MG5 (e), MG6 (f), MG7 (g) e MG8 (h).....	45

RESUMO

LIMA, Evaldo de Paiva, M. S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2005. **Evapotranspiração de referência de Penman-Monteith, padrão FAO (1998), a partir de dados de temperaturas máxima e mínima de Minas Gerais.** Orientador: Gilberto Chohaku Sedyama. Conselheiros: Sérgio Zolnier e Aristides Ribeiro.

Dados meteorológicos de 27 estações, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foram utilizados para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith FAO (1998) a partir das temperaturas máximas e mínimas do Estado de Minas Gerais. A pressão parcial de vapor e a radiação solar foram estimadas a partir desses dados. No caso do vento, foram fixados valores de 1, 2, 3 e 5 m/s, em razão da impossibilidade de estimá-los quando da sua ausência ou falha. Para a adoção da melhor metodologia de determinação da radiação solar, foi feita uma comparação da radiação solar calculada pelo método de Angström com a radiação calculada a partir da temperatura, utilizando-se o k_r baseado na pressão atmosférica (ALLEN, 1995) e o k_r fixo (HARGREAVES, 1994b). Os resultados evidenciaram que o coeficiente de ajuste proposto por Hargreaves é mais preciso para determinar a radiação solar no Estado de Minas Gerais do que a metodologia baseada na pressão atmosférica. O programa *Reference Evapotranspiration Calculator* (REF-ET) foi empregado também para calcular a evapotranspiração de referência pelo método de PM-FAO (1998), utilizando-se

dados de umidade relativa média, velocidade do vento, temperaturas máxima e mínima e dados de insolação. A ETo encontrada por esse programa foi usada para avaliar a ETo baseada em T_{\max} e T_{\min} . Com o método da Análise de Regressão Linear, avaliaram-se os resultados de ETo para os quatro valores de velocidade do vento em quatro períodos temporais (semanal, decendial, quinzenal e mensal), com os valores de ETo obtidos pelo programa REF-ET. Os resultados referentes às correlações da ETo foram geoespacializados, utilizando-se o método da interpolação, que os materializou em forma de mapas gerados por intermédio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Já os resultados da evapotranspiração de referência, determinados somente com o uso das temperaturas máxima e mínima em grande parte das regiões mineiras, foram satisfatórios, principalmente na metade leste do Estado e para velocidades do vento de 1 e 2 m/s.

ABSTRACT

LIMA, Evaldo de Paiva, M. S., Universidade Federal de Viçosa, July 2005.
Penman-Monteith FAO (1998) reference evapotranspiration for the State of Minas Gerais using only the maximum and minimum temperatures. Adviser: Gilberto Chohaku Sedyama. Committee members: Sérgio Zolnier and Aristides Ribeiro.

Meteorological data of 27 stations, compiled from the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), were used to estimate reference evapotranspiration (ET_o) for the State of Minas Gerais. ET_o values were estimated by the conventional FAO Penman-Monteith method using standard climatic data and by an alternative approach that requires only the maximum and minimum temperatures. In order to use the alternative method, partial water vapor pressure and solar radiation were estimated from meteorological data. Fixed wind speed values of 1, 2, 3 and 5 ms⁻¹ were used for each combination of maximum and minimum temperatures (T_{max} and T_{min}) in locations where wind speed data was not available. To select the best methodology for estimating solar radiation, a comparison was carried out between solar radiation calculated with the Angström method and solar radiation determined with the maximum and minimum temperatures. A software program, denoted by Reference Evapotranspiration Calculator (REF-ET), was also developed to calculate the reference evapotranspiration using data of daily average relative humidity, daily

wind speed, and maximum and minimum temperatures. ETo calculated with the REF-ET program was used to evaluate ETo based in T_{max} and T_{min} . A linear regression analysis was carried out to analyze the final estimated values of ETo against output from REF-ET program, for all four values of wind speed and four time intervals (weekly, ten days, biweekly and monthly). The Geographical Information System (SIG) was used to generate evapotranspiration maps for the State of Minas Gerais from geospatialized values of ETo. Results of the reference evapotranspiration determined with the alternative method were satisfactory in a large part of the state, mainly in the half East of the State and for wind speeds from 1 to 2 m/s.

1. INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um dos principais componentes do ciclo hidrológico, e a precisão na sua estimativa é de importância para diversos estudos, como balanço hidrológico, projetos e manejo de sistemas de irrigação, simulação de produtividade de culturas e planejamento e gerenciamento de recursos hídricos.

A evapotranspiração de referência (ET_o), definida para uma superfície de referência, pode ser obtida através de medidas diretas ou métodos empíricos. Esse conceito foi introduzido para evitar a necessidade de definir um parâmetro específico de evaporação para cada cultura e estágio de desenvolvimento.

As medidas diretas são extremamente trabalhosas e onerosas. Trabalhosas porque exigem estruturas apropriadas, e onerosas porque tais estruturas são de alto custo, justificando-se apenas em condições de pesquisa. Em contraste, existem vários métodos de estimativa da ET_o, e, dentre estes, o de Penman-Monteith preconizado pela FAO (PM-FAO) em 1998 é recomendado como padrão para determinar a ET_o em diferentes locais e climas.

Para a utilização do método de PM-FAO são necessários os seguintes dados meteorológicos: radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade do ar.

A radiação solar é a principal fonte de energia do planeta e pode transformar a água líquida em vapor. Assim, o processo de evapotranspiração é determinado pela quantidade de energia disponível para vaporizar a água. Allen et al. (1998) ainda citaram que nem toda a energia disponível é usada no processo evapotranspirativo, mas também para o aquecimento do ar e das camadas de solo próximo à superfície.

O nível de aquecimento do ar, demonstrado por medições de temperatura do ar, é reflexo direto da radiação solar. Na ausência de dados de radiação, esse elemento climático pode ser usado como indicativo de energia no sistema estudado. A radiação absorvida pela atmosfera aumenta a temperatura do ar e contribui para o aumento do processo de evapotranspiração. Dessa forma, a temperatura do ar interfere nas condições ambientais, interagindo com outros elementos de importância para o processo de evapotranspiração.

A velocidade do vento é outro elemento climático relevante no cálculo da evapotranspiração, pois o processo de remoção do vapor de água depende, em grande parte, do vento e da turbulência que transfere o ar sobre a superfície evaporante. O vento remove a camada de ar acima da superfície evaporante, criando uma condição favorável à formação de um gradiente de pressão de vapor, aumentando, dessa forma, o poder evaporante no local.

O gradiente de vapor, representado pelo déficit de pressão de vapor (DPV), é também um parâmetro climático necessário à estimativa da ETo pelo método de PM-FAO (1998). A diferença entre a pressão de vapor da superfície e do ar ao seu redor é um fator determinante na transferência de vapor para a atmosfera. Cultivos irrigados em regiões áridas consomem mais água devido à maior disponibilidade de energia e do maior poder evaporante da atmosfera. Em climas úmidos de regiões tropicais, apesar da elevada quantidade de energia, a alta umidade relativa reduz a evapotranspiração, pois o ar está mais próximo da saturação.

Todas as variáveis descritas anteriormente são fundamentais para a determinação da evapotranspiração, porém na maioria das estações somente são coletadas temperatura do ar e precipitação pluvial (ALLEN et al., 1998; CASTELLVÍ et al., 1996; THORNTON e RUNNING, 1999).

A radiação solar é o elemento mais importante no processo de evapotranspiração, mas é um dos menos registrados nas estações meteorológicas do mundo. A explicação para o baixo número de estações que registram esse elemento é a atenção não-prioritária dada à agricultura, pois se esses registros fossem necessários à aviação, por exemplo, possivelmente a situação seria diferente.

Hook e McClendon (1992) citaram que, entre 1950 e 1965, somente 93 estações amplamente espaçadas estavam registrando a radiação solar regularmente nos Estados Unidos. Eles ainda citaram que, dos 53 anos de registros para a localidade de Tifton, no estado americano da Geórgia, somente nos últimos 15 anos foram feitas medidas de radiação.

No Brasil, atualmente o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) dispõe de 321 estações meteorológicas convencionais. Dessas, apenas 232 medem a insolação e somente 58 (18,1%), a radiação por meio de actinógrafos. Também existem 72 estações meteorológicas automáticas, e todas essas são equipadas com piranômetros (Jorge Emílio, 2005 - comunicação pessoal)¹. O Estado de Minas Gerais possui 59 estações convencionais, 45 com heliógrafos e 7 com actinógrafos e mais 8 estações meteorológicas automáticas (Sílvia Dias, 2005 - comunicação pessoal)².

Para contornar o problema de ausência de dados de radiação solar, velocidade do vento e umidade do ar, necessários ao cálculo da ETo pelo método de PM-FAO, o boletim da FAO Nº 56 (1998) sugere procedimentos para a estimativa desses elementos quando não há medição ou há falhas na série de dados climáticos. Informa também basicamente dois modos de procedimentos: a importação de dados de uma estação que está sob as mesmas condições climáticas ou a estimativa a partir de dados de temperaturas máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}). Ressalta-se que, nessa publicação, nenhum procedimento foi informado para a estimativa da velocidade do vento a partir de T_{max} e T_{min} .

A amplitude térmica diária está relacionada ao grau de cobertura de nuvens em uma localidade. Condições de céu claro resultam em temperaturas

¹ Jorge Emílio - Seção de Laboratório de Instrumentos Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

² Sílvia Dias - Seção de Observação e Meteorologia Aplicada do 5º Distrito de Meteorologia do INMET.

altas (T_{\max}) durante o período diurno, porque a atmosfera é transparente à radiação solar, e em temperaturas baixas (T_{\min}) durante o período noturno, porque a radiação de onda longa é menos absorvida pela atmosfera com a ausência de nuvens. Em contraste, em condições nubladas T_{\max} é relativamente menor, porque uma parte significativa da radiação solar nunca chega à superfície do solo, sendo absorvida e refletida pelas nuvens. No entanto, T_{\min} será relativamente maior devido à cobertura de nuvens e, portanto, à diminuição da perda da radiação de onda longa para o espaço. Dessa forma, a diferença entre essas temperaturas ($T_{\max} - T_{\min}$) pode ser usada como um indicador da fração de radiação extraterrestre que chega à superfície do solo (ALLEN et al., 1998).

Em locais onde não existem dados de umidade do ar ou quando estes forem duvidosos, uma estimativa da pressão parcial de vapor pode ser obtida, considerando-se que a temperatura do ponto de orvalho (T_o) está próxima da T_{\min} do ar diária. Essa afirmação implicitamente considera que essa temperatura ocorre ao nascer-do-Sol, quando a temperatura do ar está próxima da T_{\min} , o ar está quase saturado com o vapor de água e a umidade relativa é quase 100%.

Baseado no que foi exposto, o trabalho de pesquisa teve como objetivo a estimativa da ETo pelo método de Penman-Monteith FAO (1998), a partir apenas de dados de temperaturas máximas e mínimas do Estado de Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

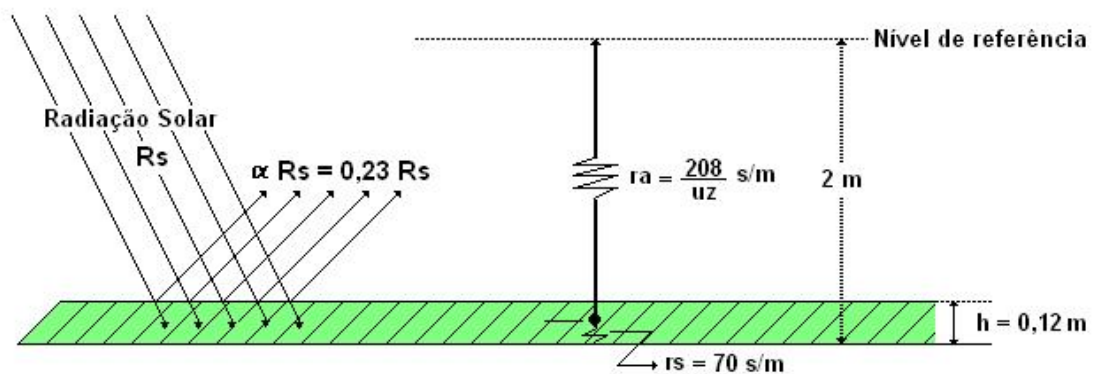
2.1. Evapotranspiração

A evapotranspiração é controlada principalmente pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. A disponibilidade de energia depende do local, que pode ser caracterizado pela posição geográfica e pela topografia da região e da época do ano. O poder refletor de uma superfície, que é expresso pelo coeficiente de reflexão (albedo), também tem relação com a disponibilidade de energia. A demanda atmosférica é controlada pelo poder evaporante do ar relacionado à velocidade do vento e ao déficit de pressão de vapor.

A quantificação da evapotranspiração é importante, principalmente, no dimensionamento de projetos e no manejo da irrigação, pois, conhecendo-se a perda de água pelas culturas, é possível determinar quanto irrigar. Além disso, o conhecimento do momento correto de irrigar é de suma importância para se propor um manejo adequado, de modo a dotar o solo de água facilmente utilizável pelas plantas, evitando-se aplicações excessivas ou deficientes de água, as quais podem acarretar doenças, lixiviação de nutrientes e perdas de solo, além do gasto adicional de energia e insumos.

O poder evaporativo da atmosfera, independentemente do tipo de cultura, fase de desenvolvimento e práticas de manejo, é obtido pela evapotranspiração de referência. Para a estimativa da ETo, considera-se como

superfície de referência uma grama hipotética com altura de 0,12 m, uma resistência de superfície de 70 s.m^{-1} e um albedo de 0,23 (Figura 1). Essa superfície se assemelha a uma superfície extensa de grama, sem restrições de água e altura uniforme, crescendo ativamente e sombreando completamente o solo (ALLEN et al., 1998). As exigências para que a superfície de grama seja extensa e uniforme resultam da hipótese de que todos os fluxos são unidimensionais.



Fonte: adaptado de Allen et al. (1998)

Figura 1 – Características da cultura de referência.

A evapotranspiração de referência pode ser obtida por meio de medidas diretas ou por métodos empíricos. As medidas diretas podem ser determinadas por meio de lisímetros, balanço hídrico e controle de umidade no solo. O lisímetro, por exemplo, é um instrumento que requer cuidados especiais tanto na construção quanto na operação, ficando restrito a propósitos de pesquisa.

Em contraste, existem vários métodos de estimativa da ETo, os quais, conforme os princípios envolvidos em seu desenvolvimento, foram classificados por Pereira et al. (1997a) em cinco categorias: (1) empíricos, (2) aerodinâmicos, (3) balanço de energia, (4) combinados e (5) correlação dos turbilhões (vórtices).

A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) consideram o método de PM-FAO como padrão de cálculo da ETo, a partir de

dados meteorológicos (ALLEN et al., 1998). A estimativa por esse método (Equação 1) requer dados meteorológicos de radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade do ar.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

em que:

ET_o = evapotranspiração de referência (mm);

Rn = saldo de radiação à superfície da cultura ($MJ\ m^{-2}$);

G = densidade do fluxo de calor do solo ($MJ\ m^{-2}$);

T = temperatura do ar a 2 m de altura ($^{\circ}C$);

u_2 = velocidade de vento a 2 m de altura ($m\ s^{-1}$);

e_s = pressão de vapor de saturação (kPa);

e_a = pressão parcial de vapor (kPa);

$e_s - e_a$ = déficit de pressão de vapor de saturação (kPa);

Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação à temperatura T ($kPa\ ^{\circ}C^{-1}$); e

γ = coeficiente psicrométrico ($kPa\ ^{\circ}C^{-1}$).

O método de Penman-Monteith é estruturado em conceitos físicos e utiliza informações meteorológicas padronizadas. Sedyama (1996) citou que esse método apresenta vantagens sobre os demais na quantificação da ET_o , pois não somente concilia os aspectos aerodinâmico e termodinâmico, mas também inclui a resistência ao fluxo de calor sensível e vapor d'água no ar e a resistência da superfície (planta) à transferência de vapor d'água.

Allen et al. (1998) acrescentaram que o método de PM-FAO é uma representação bem próxima e simples dos fatores físicos e fisiológicos que governam o processo de evapotranspiração, sendo também consistente na estimativa da ET_o , numa grande variedade de localizações e climas.

A FAO, por intermédio de seus consultores (SMITH, 1991), recomendou que os métodos empíricos de estimativa da ET_o sejam calibrados e validados

para outras regiões, sendo o método de PM-FAO a referência-padrão para esses ajustes.

No boletim 56 de irrigação e drenagem da FAO, publicado em 1998, são apresentados os procedimentos de cálculo para estimar a ETo. Os procedimentos de cálculo apresentados no referido boletim técnico permitem a estimativa da ETo com o método de PM-FAO sob várias circunstâncias, inclusive para o caso de falha na série de dados climáticos (ALLEN et al., 1998).

A equação de Penman-Monteith é mais precisa quando usada na base horária, e soma-se os valores para obter a estimativa diária da ETo (JENSEN et al., 1990). Algumas simplificações empíricas são necessárias para se obterem estimativas diárias da ETo usando somente totais diários ou valores médios dos elementos climáticos. Citaram ainda que, quando são usados elementos climáticos médios diários, a equação de Penman-Monteith pode proporcionar estimativas precisas da ETo. Entretanto, deve-se ter cuidado, como mostraram Doorenbos e Pruitt (1977), porque o uso de dados climáticos médios diários, em equações combinadas, pode conduzir a erros significativos. Esses erros resultam de várias combinações entre elementos climáticos, como velocidade do vento, umidade e saldo de radiação.

2.1.1. Radiação solar

A radiação solar (R_s) é a principal fonte de energia nos processos físicos, biológicos e químicos, como derretimento de neve, fotossíntese nas plantas, evaporação e crescimento de cultura. É também um elemento necessário em modelos biofísicos que avaliam o risco de incêndios em florestas, modelos de simulação hidrológica e modelos matemáticos de processos naturais (MEZA e VARAS, 2000).

O processo de evapotranspiração também é determinado pela radiação solar. A quantidade de R_s que chega à superfície evaporante depende do estado da atmosfera e da presença de nuvens que refletem e absorvem parte da radiação. Quando se avalia o efeito da radiação na evapotranspiração, deve-se ressaltar que nem toda a energia disponível é usada para vaporizar a

água, mas também para aquecer o ar e as camadas de solo próximas da superfície terrestre.

Segundo Mukammal e Bruce (1960), citados por Chang (1968), a radiação solar é considerada o elemento climático mais importante na estimativa da taxa de evapotranspiração. Entretanto, em regiões onde ocorrem advecções fortes, seja local ou regional, observadas comumente quando uma área úmida é circundada por área seca, a importância relativa da radiação líquida decresce e a advecção, ou transferência de calor sensível das áreas secas circunvizinhas, passa a contribuir significativamente para com o processo de evapotranspiração, com energia até maior que aquela disponível para área úmida, aumentando, dessa forma, a importância da velocidade do vento e da umidade no processo evapotranspirativo.

Em estudo realizado no estado americano da Carolina do Norte, Amatya et al. (1992) relataram que a R_s foi o elemento mais importante no processo de evapotranspiração.

Apesar da importância da R_s , o número de estações que fazem o seu registro diário na superfície terrestre é muito restrito, quando comparado com o número daquelas que registram temperatura e precipitação (ALLEN et al., 1998; THORNTON e RUNNING, 1999). Na Austrália, por exemplo, a base de dados meteorológicos contém 16.000 estações meteorológicas. Desse total, quase todas fazem registros diários de precipitação, 1.400 estações fazem registros de temperatura e somente 50 estações fazem registros de radiação solar (LIU e SCOTT, 2001).

Essa realidade não difere da de outros países, como Estados Unidos e Canadá. De acordo com o Centro de Dados Climáticos dos Estados Unidos (1995), a razão entre estações que registram radiação e temperatura nesse país é de 1:100 (THORNTON e RUNNING, 1999). Não bastasse o baixo número de estações que fazem registro de R_s , Jong e Stewart (1993) destacaram o estudo de Boisvert et al. (1990), segundo os quais, no Canadá, o número de estações em determinado período chegou até diminuir, passando de 54 para 47. Assim, torna-se necessário estimar a radiação por meio de modelos empíricos baseados em elementos meteorológicos freqüentemente disponíveis, como insolação, temperatura e precipitação (ALLEN et al., 1998; LIU e SCOTT, 2001; MEZA e VARAS, 2000).

A partir de dados de insolação, valores do fotoperíodo, radiação extraterrestre (R_a) e tendo, ainda, conhecimento dos coeficientes “a” e “b”, pode-se calcular a radiação solar pelo modelo clássico proposto por Angström (ALLEN et al., 1998; BRUTSAERT, 1982; JENSEN et al., 1990; ROSEMBERG et al., 1983; SMITH, 1991; VIANELLO e ALVES, 1991).

Com o intuito de estimar a E_{To} somente com dados de temperatura, Hargreaves e Samani (1982) desenvolveram outro modelo de estimativa da R_s , que é determinado pela diferença de temperatura do ar diária, R_a e um coeficiente de ajuste (k_r). A diferença entre as temperaturas máxima e mínima está relacionada ao grau de cobertura de nuvens de uma localidade. Assim, a amplitude térmica diária pode ser usada como um indicador da fração de radiação extraterrestre que chega à superfície do solo (radiação solar global).

Allen (1997) ressaltou que muitos outros fatores, além da R_s e nebulosidade, afetam as temperaturas máxima e mínima, especialmente em escala diária. Esses fatores incluem a velocidade do vento, o conteúdo de vapor d'água, a disponibilidade de água no solo para evaporação, a altitude, a precipitação e os sistemas meteorológicos frontais. Entretanto, para períodos como um mês, muitas dessas variáveis meteorológicas tendem a seguir termos médios, resultando em uma relação consistente entre $T_{max} - T_{min}$ e R_s/R_a .

De acordo com esse autor, o coeficiente de ajuste é empírico e varia com o tempo, o local e o clima. Ele ainda acrescentou que, inicialmente, considerava-se o valor de 0,17 para climas árido e semi-árido. Porém, Hargreaves (1994b) recomendou usar um k_r de 0,16 para regiões continentais e de 0,19 para regiões costeiras, estabelecendo como região continental o lugar onde a massa de terra domina e as massas de ar não são fortemente influenciadas por uma grande massa oceânica. Enquanto região costeira, considera-se como o local situado ou adjacente à costa de uma grande massa de terra e onde as massas de ar são influenciadas por um corpo de água próximo. Allen (1997) ainda complementou, considerando como região costeira aquela localizada até 20 km da costa litorânea.

Allen (1995), sugeriu estimar o k_r como função da altitude. Para tal, introduziu uma relação entre a pressão atmosférica para determinado local e aquela ao nível do mar para levar em conta os efeitos da altitude na

capacidade de calor volumétrico da atmosfera, conforme mostrado na Equação 2.

$$k_r = k_{ra} \sqrt{\frac{P}{P_0}} \quad (2)$$

em que:

P = pressão atmosférica média para o local, determinada em função da altitude deste (kPa);

P_0 = pressão atmosférica média ao nível do mar (101,3 kPa); e

K_{ra} = coeficiente empírico igual a 0,17 na região continental e 0,20 na região costeira, ou seja, quando $P = P_0$.

Allen (1997) utilizou a R_S calculada em dias de céu claro para calibrar a equação de radiação solar que utiliza a T_{max} e T_{min} . Esse método foi testado para nove localidades dos Estados Unidos que representam, cada uma, diferentes condições de clima e altitude. Os resultados também foram comparados com as R_S obtidas com os coeficientes de Hargreaves (1994b) e do modelo proposto por Allen (1995). As conclusões indicaram que esse procedimento foi mais preciso que os de coeficientes fixos, sugeridos por Hargreaves (1994b) e Allen (1995), especialmente para o semi-árido e lugares com elevada altitude. O método da calibração variada foi mais preciso para o cálculo da radiação solar mensal, porém os resultados com a R_S diária tenderam a seguir os valores medidos. Os valores do erro-padrão de estimativa (EPE) em nível diário, encontrados pelo modelo de Allen (1995), foram os que estiveram mais próximos dos valores de EPE obtidos pelo método da calibração variada, exceto em duas localidades que estavam situadas a mais de 2.000 m.

Quando se precisa calcular a ET_0 diariamente baseada no modelo de Hargreaves e Samani (1982) com coeficiente fixo de 0,16, Allen (2000) atentou para alguns cuidados. Assim, sugeriu que a estimativa diária da ET_0 seja

somada ou se faça a média de um período de vários dias, tal como uma semana, decêndio ou mês para reduzir o erro.

O método da amplitude de temperatura é recomendado para localidades onde não é apropriado importar dados de radiação de uma estação climaticamente heterogênea ou devido à falta de dados para dado local.

2.1.2. Temperatura do ar

A temperatura do ar é a mais importante conseqüência da radiação solar. O aquecimento da atmosfera próxima à superfície terrestre ocorre a partir do aquecimento da superfície pelos raios solares.

Dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar tem a maior influência direta e significativa sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem na natureza. Ela está relacionada com o desenvolvimento e crescimento das plantas, devido ao seu efeito na velocidade das reações químicas e dos processos internos de transporte (PEREIRA et al., 2002).

Devido à sua grande importância, a temperatura é o principal elemento climático medido nas estações meteorológicas, porém a estimativa da temperatura diária é complexa, quando esta não é medida em determinada estação. Existem modelos que estimam as temperaturas média mensal e anual a partir da latitude, longitude e altitude.

A temperatura do ar é necessária no método de PM-FAO para o cálculo da pressão de vapor de saturação (e_s) e da declividade da curva de pressão de vapor de saturação (Δ).

A pressão de vapor de saturação média diária deve ser estimada como a média entre a pressão de vapor calculada a T_{max} e a calculada a T_{min} , devido à relação não-linear entre a e_s e a temperatura. Caso a temperatura diária média (T_{med}) seja utilizada, resultará em subestimação da ETo . Então, utilizar a T_{med} em vez da T_{max} e T_{min} fará que a e_s tenha menor valor, refletindo no déficit de pressão de vapor (DPV) e, conseqüentemente, no cálculo da ETo .

No boletim da FAO Nº 56 (1998), ressalta-se que a T_{med} é somente empregada na equação de PM-FAO para calcular o Δ . Allen et al. (1998) citaram que, por motivos de padronização, T_{med} é definida como a média entre T_{max} e T_{min} .

2.1.3. Velocidade do vento

A velocidade do vento é um elemento climático necessário no cálculo da evapotranspiração, pois o processo de remoção do vapor de água depende, em grande parte, do vento e da turbulência que transfere o ar sobre a superfície evaporante. O vento remove a camada de ar acima da superfície evaporante, criando uma condição favorável à formação de um gradiente de pressão de vapor, aumentando, dessa forma, o poder evaporante no local.

Em condições de climas quente e seco, a evapotranspiração é alta devido ao alto poder evaporativo e à grande disponibilidade de energia. Entretanto, sob condições climáticas úmidas, a alta umidade do ar e a presença de nuvens tornam a taxa de evapotranspiração mais baixa. Nessa condição, o vento substitui o ar saturado pelo ar não-saturado e, conseqüentemente, remove a energia de calor latente. No entanto, a velocidade do vento afeta a taxa de evapotranspiração a um menor grau do que sob condições áridas, em que pequenas variações na velocidade do vento podem resultar em variações maiores na taxa de evapotranspiração (ALLEN et al., 1998).

Pereira et al. (1997a) citaram que a evapotranspiração, em áreas vegetadas circundadas por áreas secas, é maior na interface dessas áreas e decresce com a distância, à medida que o vento avança na área úmida. Na área úmida, a evapotranspiração diminui na direção dos ventos predominantes até um valor limite inferior, que é resultante somente do balanço vertical de energia.

As interações do vento com a temperatura, a umidade relativa, o déficit de pressão de vapor e outros são difíceis de serem estimadas por equações (HARGREAVES, 1994a) quando o seu registro foi perdido ou não é realizado em uma estação meteorológica.

A importação de dados de velocidade do vento de uma estação meteorológica próxima é uma opção quando esses não estão disponíveis para determinado local, desde que caracterizada a homogeneidade de condições de clima. Dessa forma, os dados de uma estação próxima podem ser importados quando as massas de ar são de mesma origem ou as mesmas frentes governam fluxos de ar na região e onde o relevo é semelhante.

Allen et al. (1998) citaram que a importação de dados de velocidade do vento de outra estação pode ser feita se o clima regional, tendências na variação de outros parâmetros meteorológicos e o relevo forem semelhantes. Em condições normais, ventos fortes são freqüentemente associados com baixa umidade relativa, e ventos leves são comuns com umidade relativa alta. Assim, tendências na variação das umidades relativas diárias máxima e mínima devem ser semelhantes em ambos os locais.

Pereira et al. (2002) ainda citam que a velocidade do vento pode ser categorizada de acordo com a interação com objetos naturais, gerando uma escala de percepção que se tem da movimentação atmosférica. É uma categorização empírica associando-se a velocidade registrada com eventos característicos. A escala apresentada na Tabela 1 é uma adaptação daquela proposta por Beaufort.

Tabela 1 – Escala adaptada de Beaufort para a velocidade do vento

Escala	Categoria	Velocidade (km/h)
0	Calmo; fumaça vertical	< 2
1	Quase calmo; fumaça desviada	2 a 5
2	Brisa amena; agitação das folhas	6 a 10
3	Vento leve; agitação das bandeiras	11 a 20
4	Vento moderado; poeira no ar	21 a 30
5	Vento forte; ondas em lagos e rios largos	31 a 40
6	Vento muito forte	41 a 50
7	Vento fortíssimo, fios assobiam	51 a 60
8	Ventania; impossível caminhar	61 a 75
9	Vendaval; danos em edificações	76 a 100
10	Tornado, furacão; danos generalizados	> 100

Fonte: Pereira et al. (2002).

2.1.4. Umidade do ar

Outro parâmetro climático importante na estimativa da ETo é o déficit de pressão de vapor. Esse parâmetro indica a capacidade de evaporação do ar e é dado pela diferença entre a pressão de vapor de saturação média e a pressão parcial de vapor. O DPV é um parâmetro de entrada fundamental em muitos modelos de evaporação e crescimento de plantas.

Castellví et al. (1996) relataram que poucos registros de umidade atmosférica estão disponíveis, visto que na maioria das estações climatológicas foram coletadas informações rotineiras de temperatura e precipitação. Diante dessa situação, Castellví et al. (1997) desenvolveram métodos de estimativa do DPV para locais onde somente existiam registros de precipitação e de temperatura (máxima e mínima).

Vários métodos de cálculo do DPV são descritos na literatura (ALLEN et al., 1998; CASTELLVÍ et al., 1997; CUENCA e NICHOLSON, 1982; HOWELL e DUSEK, 1995; JENSEN et al., 1990; PEREIRA et al., 1997a; SADLER e EVANS, 1989). Cuenca e Nicholson (1982) descreveram seis metodologias de estimativa do DPV, enquanto Sadler e Evans (1989) identificaram 15.

Pereira et al. (1997b) citaram que alguns métodos não são práticos e pouco consistentes, pois os resultados diferem significativamente. Howell e Dusek (1995) relataram que os métodos propostos pelo manual nº 70 da American Society of Civil Engineers (JENSEN et al., 1990) apresentaram erros na faixa de 4,4 a 36,4%.

A melhor estimativa da média diária é aquela que utiliza dados de temperaturas do bulbo seco e do bulbo molhado durante o período de 24 horas (PEREIRA et al., 1997a), permitindo o cálculo de valores médios do DPV em base horária.

Pereira et al. (1997b) verificaram a possibilidade de utilizar apenas uma leitura diária em horários que mais se aproximam do valor médio diário do DPV, entre 9 e 10 horas na cidade de Piracicaba, SP. Observaram que o déficit de saturação às 10 h mostrou ser uma boa alternativa para estimativa do DPV, pois apresenta uma superestimativa média de 11,7%, enquanto o déficit das 9 h indicou não ser um bom estimador do DPV, apresentando subestimativas da ordem de 27,5%.

Pequenas diferenças nos métodos de cálculos podem ser sutis, mas com significantes efeitos no cálculo da evapotranspiração. De acordo com Jensen et al. (1990), o método usado pode afetar significativamente a magnitude do termo aerodinâmico.

Sadler e Evans (1989) estudaram o efeito de 15 métodos de estimativa do DPV sobre a estimativa da ETo, utilizando a equação de Penman

modificada por van Bavel, e relataram variações de 8 a 17% em relação ao melhor método de DPV na determinação da ETo.

Pereira et al. (1996) estimaram a ETo com a equação original de Penman utilizando seis métodos de cálculo do DPV diário médio e para cada método encontraram duas funções, uma para o verão e outra para a primavera-outono. Constataram que, independentemente do método utilizado, os erros relativos foram em torno de 10% no verão, entre 10% e 50% durante a primavera e maiores durante o outono, chegando a valores acima de 100%.

Oliveira et al. (1998) compararam 12 equações de estimativa de evapotranspiração no Estado do Ceará, sendo 10 variações da equação de Penman-Monteith usando diferentes métodos de cálculo do DPV e as equações de Hargreaves de 1974 e 1985, no período de janeiro a setembro de 1997, divididos em períodos seco e chuvoso. Observaram melhores estimativas de evapotranspiração durante o período chuvoso, e o método de cálculo do DPV, que proporcionou melhores resultados nas condições de estudo, foi calculado com base na média de pressão de vapor.

Existem vários métodos para calcular o DPV, porém o boletim 56 da FAO aconselha trabalhar apenas com cinco métodos de cálculo. Em todos eles, a e_s é calculada do mesmo modo, ou seja, como a média da pressão de vapor saturado às temperaturas máxima e mínima. Entretanto, a e_a pode ser calculada a partir da: (1) temperatura do ponto de orvalho; (2) temperatura do bulbo seco e molhado; (3) umidades relativas máxima e mínima; (4) umidade relativa máxima apenas; e (5) umidade relativa média. Nesse mesmo boletim ainda foi citado que o método (5) tem sido menos indicado do que os outros dois modos que utilizam a umidade relativa.

Em locais onde não existem dados de umidade do ar, uma estimativa da e_a pode ser obtida quando a T_{\min} do ar diária equivale à temperatura do ponto de orvalho. A relação de T_o ser equivalente a T_{\min} é verdadeira em locais onde a cultura é bem irrigada. Porém, particularmente em regiões áridas, o ar pode não estar saturado quando sua temperatura está em seu mínimo. Uma explicação para isso é o grande “reservatório” de calor sensível criado durante o dia na atmosfera, que é transferido para a superfície durante a noite, reduzindo o resfriamento pela radiação de onda longa. Allen et al. (1998) acrescentaram que a equivalência entre T_o e T_{\min} pode ocorrer numa região

árida, desde que esse local seja irrigado ou tenha adequada reserva de água no solo.

Allen (1996) demonstrou o efeito da irrigação na diferença entre a T_{\min} e a T_O nas duas localidades, de região semi-árida e em altitudes similares, situadas no estado americano de Idaho. A estação meteorológica de Kimberly é cercada por 150.000 ha de área irrigada e a de Boise, localizada no aeroporto da mesma cidade, sendo 5 a 10 km desta cercados com uma mistura de superfície irrigada e não-irrigada. Observou-se que a T_{\min} aproxima da T_O freqüentemente para o local irrigado (Kimberly), com somente pequenas diferenças ocorrendo durante meses de clima seco. Pelo contrário, a T_{\min} era 10 °C maior que a T_O na estação de Boise. Assim, concluiu-se que dados da estação de Boise precisam de correção antes de serem utilizados para calcular a ETo. Isso é necessário para evitar superestimação da ETo devido à superestimação da temperatura do ar e do DPV.

2.2. Influência dos elementos climáticos na evapotranspiração

Uma análise de sensibilidade determina o coeficiente de sensibilidade relativa de uma variável dependente a qualquer variável independente, ou seja, permite determinar os efeitos que os erros nos componentes de um modelo causam à variável dependente. Além disso, pode ser usada para classificar os componentes do modelo em ordem relativa de importância no modelo (MELLO, 1998).

A interferência que os erros, inerentes aos componentes de determinado modelo, causam à estimativa da ETo pode ser analisada por meio de uma análise de sensibilidade relativa do valor da evapotranspiração de referência a cada um desses componentes.

Ley et al. (1994), trabalhando com a equação de Penman-Wright, que estima a ETo considerando a alfafa como cultura de referência, procederam a uma análise de sensibilidade nos componentes da equação, tomando como base três períodos distintos. Os componentes analisados foram: temperaturas máxima e mínima, temperatura do ponto de orvalho, radiação solar e velocidade do vento. Os resultados indicaram que o modelo é mais sensível aos efeitos combinados das temperaturas máxima e mínima, seguindo, em

ordem decrescente, a temperatura máxima, radiação solar, temperatura do ponto de orvalho, velocidade do vento e temperatura mínima. Em um dos períodos houve alteração dessa ordem, com a radiação sendo o componente que teve maior interferência.

Mello (1998) destacou que, entre os componentes da equação de PM-FAO, a radiação apresenta o maior coeficiente de sensibilidade relativa (0,87) e o fluxo de calor no solo, o menor (-0,01). Erros de 1,5%, comuns aos sensores de medição da velocidade do vento, transferiram um erro médio de apenas 0,42% à ETo, enquanto erros de 0,4 °C, comuns em sensores de medição de temperatura, podem transferir erros de até 0,96% à ETo.

A escala de tempo dos dados climáticos usados para aplicações dos modelos de ETo é também muito importante. Registro climático de longos períodos são baseados em observações diárias. Como resultado, a maioria dos modelos de simulação é restritiva com relação à entrada de dados, devido à falta de registro de dados climáticos detalhados em intervalos horários ou menores (AMORIM et al., 2001).

Hupet e Vanclooster (2001) analisaram o efeito da frequência de medição de elementos meteorológicos (radiação solar, velocidade do vento, temperaturas dos bulbos seco e úmido e temperaturas máxima e mínima) na estimativa das médias diárias e, também, realizaram uma análise de sensibilidade para determinar qual dessas variáveis produzia mais influência sobre a estimativa da ETo diária. Foram encontrados erros diários de 5,14 MJ m⁻², ou 41,05%, para radiação solar e 0,45 m s⁻¹, ou 18%, para a velocidade do vento, quando esses elementos são obtidos com uma baixa frequência de medição. O erro na estimativa da ETo foi significativo, com um máximo de 0,62 mm d⁻¹ devido à radiação solar e de 0,36 mm d⁻¹ devido à temperatura máxima.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Dados e área de estudo

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados dados meteorológicos de 40 estações convencionais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situadas no Estado de Minas Gerais, na Região Sudeste do Brasil, entre os paralelos 14°13'57" e 22°55'22" de latitudes sul e os meridianos 39°51'23" e 51°02'45" de longitudes oeste. Os dados meteorológicos diários, referentes a temperatura máxima (T_{max}), temperatura mínima (T_{min}), umidade relativa (UR), velocidade do vento e insolação, compreenderam o período de 1964 a 1978.

3.2. Análise dos dados

Foram desconsideradas as estações que possuíam quantidade inferior a cinco anos de observação, bem como as que tiveram falhas contínuas no seu período de observação, principalmente no período de 1974 a 1978. Esse intervalo deveu-se ao fato de que estações com apenas cinco anos de observação tinham o mesmo período em comum com estações de série mais longa.

Foi estabelecido outro critério de eliminação em situações de grande proximidade entre estações, com o intuito de melhor distribuí-las

geograficamente no Estado. Nesse caso, verificou-se qual das estações possuía a maior série. Depois, qual das séries apresentava menos falhas de observação.

3.3. Cálculo da evapotranspiração

Para o cálculo da evapotranspiração de referência foram utilizados o método de Penman-Monteith FAO (PM-FAO) e os procedimentos sugeridos pelo boletim da FAO N° 56. Esse boletim técnico apresenta alguns procedimentos de cálculo baseados em elementos comumente medidos em estações meteorológicas. Assim, a pressão parcial de vapor e a radiação solar para o cálculo da ETo foram estimadas a partir de T_{\max} e T_{\min} . No caso do vento, foram utilizados valores fixos de 1, 2, 3 e 5 m/s, pois o mesmo não tem como ser obtido quando o seu registro não é realizado em uma estação.

3.3.1. Estimativa da umidade a partir da temperatura mínima do ar

A pressão parcial de vapor foi obtida por meio da T_{\min} do ar diária. A Equação 3 mostra quando a T_{\min} é utilizada para substituir a temperatura do ponto de orvalho (T_o).

$$e_a = e_s(T_{\min}) = 0,611 \exp\left(\frac{17,27T_{\min}}{T_{\min} + 237,3}\right) \quad (3)$$

em que $e_s(T_{\min})$ é a pressão de vapor saturado à temperatura mínima (kPa).

Principalmente em regiões áridas, podem ocorrer situações em que o ar não esteja saturado quando sua temperatura estiver em seu mínimo. Assim, realizou-se um ajuste nos dados de temperatura mínima diária.

A diferença entre a temperatura do ponto de orvalho calculada e a temperatura mínima observada serviu como base desse ajuste. Para calcular a T_o (Equação 5), utilizaram-se dados de UR disponíveis. A UR (Equação 4) usada foi a média ponderada, calculada dos dados em três horários-padrão de observação nas estações meteorológicas do INMET (12, 18 e 24 horas TMG).

$$UR_{med} = \frac{UR9 + UR15 + 2 \times UR21}{4} \quad (4)$$

A pressão parcial de vapor foi obtida da umidade relativa e da pressão do vapor de saturação. Assim, o cálculo da T_o (ALLEN et al., 1998) foi feito pela relação a seguir:

$$T_o = \frac{116,91 + 237,3 \ln(e_a)}{16,78 - \ln(e_a)} \quad (5)$$

Médias quinzenais dessas diferenças foram feitas de todos os meses e anos disponíveis de cada estação. Estabeleceu-se o critério de somente considerar as médias com no máximo três dias faltosos. Para estimativa da e_a , os dados de T_{min} observados diariamente receberam um acréscimo no seu valor, sendo este, em função do valor médio da diferença entre a T_o e a T_{min} , calculado com base no número de anos disponíveis para cada série.

3.3.2. Estimativa da radiação solar a partir de diferenças de temperatura do ar

Para o cálculo da radiação solar foi utilizada a Equação 6, proposta por Hargreaves e Samani (1982), que estima a radiação solar global pela diferença da temperatura diária do ar e da radiação extraterrestre. A forma ajustada e validada para várias estações em diferentes condições climáticas é:

$$R_s = k_r \sqrt{(T_{max} - T_{min})} R_a \quad (6)$$

em que R_a é a radiação extraterrestre ($MJ m^{-2} d^{-1}$) e k_r , o coeficiente de ajuste ($^{\circ}C^{-0,5}$).

A raiz quadrada da diferença da temperatura serve como um indicativo da existência de radiação solar diária em dado local.

Para a adoção da melhor metodologia de determinação do coeficiente de ajuste, foi feita uma comparação da radiação calculada pelo método de

Angström com os métodos de cálculo da radiação, utilizando o k_r proposto por Allen (1995) e Hargreaves (1994b).

3.3.3. Velocidade do vento

Mello (1998), utilizando a análise de sensibilidade, verificou a interferência do vento no valor final da E_{To} , tendo como base a equação original de PM-FAO. O coeficiente de sensibilidade relativa da E_{To} à velocidade do vento foi de 0,28. Se ele sofrer, por exemplo, variação de um erro de 10%, o erro transmitido à E_{To} será da ordem de 2,8%. Allen et al. (1998) citaram que a E_{To} possui baixa sensibilidade à amplitude de valores da velocidade do vento devido ao fato de a altura da cultura ser relativamente pequena (0,12 m) e o vento aparecer no numerador e denominador da equação de PM-FAO.

O boletim da FAO N° 56 sugere trabalhar com valores médios da velocidade do vento quando este não estiver disponível. Assim, utilizaram-se as velocidades do vento de 1, 3 e 5 m/s (Tabela 2) para estimar a E_{To} diária, visto não ter como estimar a velocidade do vento quando esta estiver ausente. Essas velocidades representam as condições de vento leve, moderado e forte, respectivamente.

Tabela 2 – Classes gerais dos dados da velocidade do vento

Descrição	Velocidade do vento
Vento leve	...≤ 1,0 m/s
Vento leve a moderado	1 - 3 m/s
Vento moderado a forte	3 - 5 m/s
Vento forte	...≥ 5,0 m/s

Para regiões onde não há nenhum dado de velocidade do vento disponível, o valor de 2 m/s pode ser usado como primeira estimativa (ALLEN

et al., 1998). Assim, também adotou-se neste estudo a velocidade do vento de 2 m/s.

3.4. Médias de evapotranspiração

A partir das estimativas diárias da evapotranspiração de referência, obteve-se a média em cada semana, decêndio, quinzena e mês.

Devido à existência de falhas nos dados, somente foram consideradas as médias que possuíam pelo menos 80% dos dias de cada período, ou seja, para realizar as médias semanal, decendial, quinzenal e mensal, admitiu-se a ausência de no máximo um, dois, três e seis dias, respectivamente.

3.5. Avaliação do cálculo da ETo

Utilizou-se o método da Regressão Linear Simples para correlacionar os dados do modelo de ETo a partir da T_{max} e T_{min} com os dados da ETo obtidos pelo REF-ET. Da mesma forma, foram elaborados gráficos de dispersão 1:1, com o intuito de interpretar a tendência dos valores. Para sintetizar os resultados, foram escolhidas as estações com maior número de dados nas séries, de forma a representar regiões climaticamente homogêneas de Minas Gerais, conforme proposto por Aspiazu et al. (1990). Esses autores definiram as regiões, baseadas nas temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa e precipitação, adotando a técnica de análise multivariada dos componentes principais.

3.6. Ferramentas computacionais

A planilha eletrônica Microsoft Excel foi utilizada para organização dos dados e cálculo da evapotranspiração de referência (PM-FAO) baseada na T_{max} e T_{min} . No entanto, o programa REF-ET foi usado para calcular a evapotranspiração potencial (EP), mediante a utilização dos dados disponíveis nas estações convencionais do INMET.

O programa Statistic 6.0 foi empregado para correlacionar os dados do modelo de ETo a partir de T_{max} e T_{min} com os dados da EP obtidos pelo REF-

ET, por meio do método de Regressão Linear Simples. Para a geração dos mapas temáticos, utilizou-se o software ArcView GIS 3.2a.

3.6.1. Programa REF-ET

O *Reference Evapotranspiration Calculator* (REF-ET), desenvolvido por Allen (2000), foi utilizado para calcular a evapotranspiração de referência pelo método de PM-FAO (1998), usando-se dados de UR média, velocidade do vento, temperaturas máxima e mínima e duração do brilho solar. A ETo estimada por esse programa foi empregada para avaliar a ETo baseada na T_{max} e T_{min} .

Este programa atende às diretrizes e procedimentos de cálculos da evapotranspiração apresentados no manual e em relatos práticos de engenharia ASCE N° 70 (evapotranspiração e requerimentos de água para irrigação), sendo também compatível com o boletim de irrigação e drenagem N° 56, da FAO.

Dados complementares, como: altura do anemômetro, altura de medição da temperatura ou umidade relativa, altitude e latitude da estação meteorológica, foram informados ao REF-ET para o seu funcionamento correto. Alguns outros dados, como relação da velocidade do vento dia/noite e altura da vegetação, são fornecidos por este programa caso não sejam disponíveis nos locais de medição.

O programa REF-ET determina a pressão parcial de acordo com os dados de umidade do ar que lhe é fornecido. Assim, a Equação 7 indica quando a UR média é utilizada para determinar a pressão parcial.

$$e_a = \frac{UR_{med}}{100} \left[\frac{e_s(T_{max}) + e_s(T_{min})}{2} \right] \quad (7)$$

em que:

UR_{med} = umidade relativa média; e

$e_s(T_{max})$ = pressão de vapor saturado à temperatura máxima (kPa).

A radiação solar é calculada pelo modelo proposto por Angström (Eq. 8), quando dados de insolação são fornecidos ao programa.

$$R_s = \left(a + b \frac{n}{N} \right) R_a \quad (8)$$

em que:

n = duração do brilho solar (horas);

N = duração astronômica do período diurno (horas); e

a, b = coeficientes empíricos, obtidos por análise de regressão linear de determinada localidade.

Dependendo das condições atmosféricas (umidade e poeira) e da declinação solar (latitude e mês), os coeficientes (a e b) do modelo de Angström variam. Assim, onde não se tem disponibilidade de dados de radiação solar ou nenhuma calibração foi feita para melhorar os coeficientes, os valores de $a = 0,25$ e $b = 0,50$ são recomendados (ALLEN et al., 1998). No REF-ET, considera-se também que a e b têm esses valores.

3.6.2. Sistemas de Informações Geográficas

O software *ArcView GIS 3.2a*, desenvolvido pelo *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), foi utilizado para a geoespacialização das correlações obtidas entre a ETo, usando-se somente dados de temperatura, e a ETo calculada pelo REF-ET.

Empregou-se o interpelador linear IDW do software, em que o peso da célula a ser interpolada (G_i) é dado por uma média ponderada que utiliza o peso dos pontos de controle mais próximos, ponderados pelo inverso da distância elevado a um expoente m . A representação matemática dessa função é dada pela seguinte equação:

$$G_i = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{d_i^m} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^m} \right)} \quad (9)$$

em que:

x_i = peso do i-ésimo ponto amostrado;

d_i = distância euclidiana do i-ésimo ponto amostrado ao ponto atual; e

m = expoente da função de distância euclidiana.

Os pontos de controle e o expoente m são definidos pelo usuário. Foram considerados os 12 pontos mais próximos para interpolação, através da opção *nearest neighbors*, e utilizou-se a quarta potência para o cálculo da distância euclidiana, na opção *power*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Seleção das estações

Após a análise dos dados das estações disponíveis, foram selecionadas 27 estações representativas e localizadas no Estado de Minas Gerais. Igualmente, foram incluídas quatro estações fora dos limites de Minas Gerais (Formosa/GO, Itaperuna/RJ, São Simão/SP e Vassouras/RJ), localizadas a uma distância máxima de 50 km do Estado, com o propósito de evitar tendenciosidade no processo de interpolação dos dados. A Figura 2 representa a localização espacial dessas estações, enquanto a Tabela 3, as informações referentes às estações relacionadas, como o código de identificação, coordenadas geográficas, altitude e mínimo de anos de cada série utilizada.

4.2. Estimativa da umidade a partir da temperatura mínima do ar

Baseado nos valores destacados na Tabela 1A (Apêndice), a Figura 3 apresenta a variação espacial das diferenças médias quinzenais entre a T_0 e a T_{\min} de dois meses distintos, sendo na primeira (3a) e segunda quinzenas (3b) de janeiro e na primeira (3c) e segunda quinzenas (3d) do mês de julho.

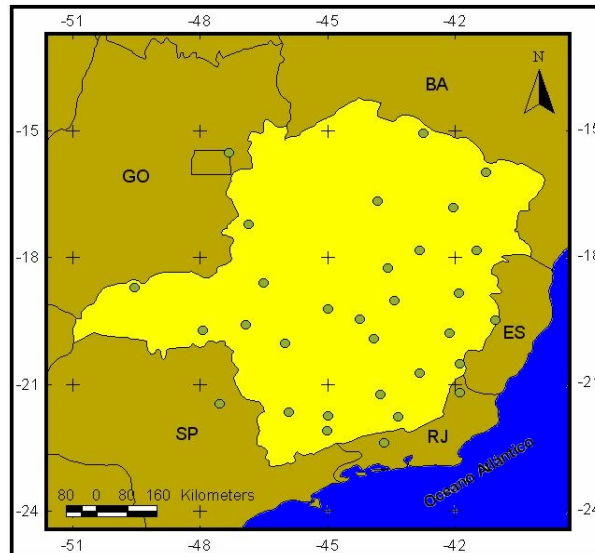


Figura 2 – Localização geográfica das estações climatológicas do INMET, utilizadas no presente trabalho.

Tabela 3 – Informações referentes às estações localizadas em Minas Gerais, código de identificação, coordenadas geográficas, altitude e número de anos utilizados em cada estação

Localidade	Código	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Anos da série
Monte Azul	83388	-15,08	-42,75	603,6	5
Pedra Azul	83393	-16,00	-41,28	648,9	7
Montes Claros	83437	-16,68	-43,83	646,3	6
Araçuai	83442	-16,83	-42,05	289,0	10
Paracatu	83479	-17,22	-46,87	711,4	5
Itamarandiba	83488	-17,85	-42,85	1097,0	10
Teófilo Otoni	83492	-17,85	-41,50	356,4	9
Capinópolis	83514	-18,72	-49,55	620,6	8
Patos de Minas	83531	-18,60	-46,52	940,3	15
Diamantina	83538	-18,25	-43,60	1296,2	7
Governador Valadares	83543	-18,85	-41,93	148,0	10
Pompeu	83570	-19,22	-45,00	690,9	6
Uberaba	83577	-19,73	-47,95	737,0	10
Araxá	83579	-19,60	-46,93	1023,6	8
Bambuí	83582	-20,03	-46,00	661,3	7
Sete Lagoas	83586	-19,47	-44,25	723,0	15
Belo Horizonte	83587	-19,93	-43,93	915,0	15
Conceição do Mato Dentro	83589	-19,02	-43,43	652,0	15
Caratinga	83592	-19,80	-42,15	609,6	7
Aimorés	83595	-19,48	-41,07	82,7	7
Caparaó	83639	-20,52	-41,90	843,2	6
Viçosa	83642	-20,75	-42,85	689,7	12
Machado	83683	-21,67	-45,92	873,4	15
Lavras	83687	-21,75	-45,00	918,8	15
Barbacena	83689	-21,25	-43,77	1126,0	15
Juiz de Fora	83692	-21,77	-43,35	940,0	10
São Lourenço	83736	-22,10	-45,02	953,2	15

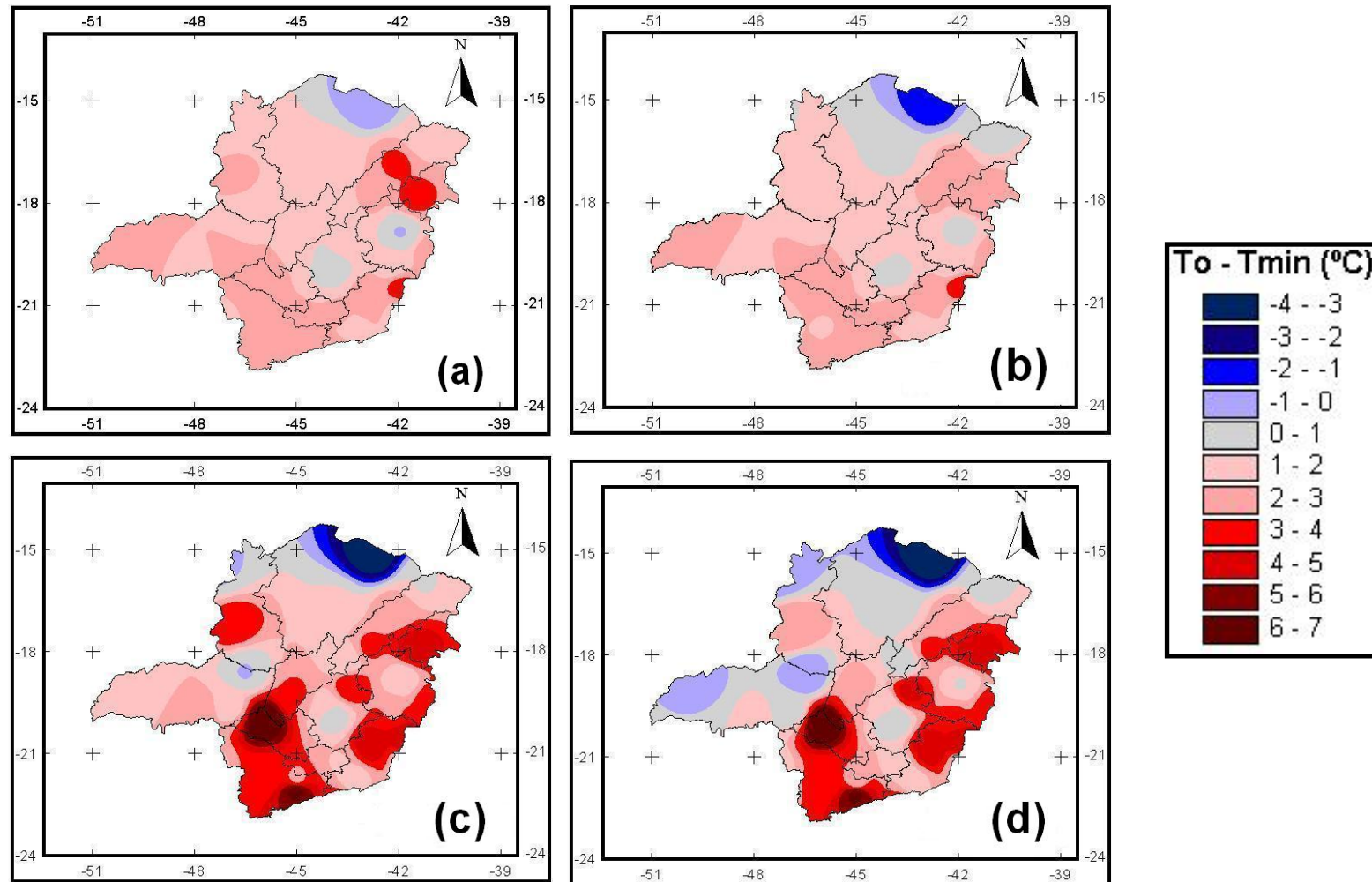


Figura 3 – Diferença média entre a T_0 e a T_{min} na primeira e segunda quinzenas de janeiro (ab) e de julho (cd), respectivamente.

No mês de janeiro, percebeu-se que não houve grande diferença entre as duas quinzenas, exceto nas localidades de Teófilo Otoni (Vale do Mucuri) e Araçuaí (Jequitinhonha), na primeira quinzena. A diferença entre a T_O e a T_{min} foi maior do que zero em grande parte do Estado ($T_O > T_{min}$), exceto no extremo norte nas duas quinzenas e no centro do Vale do Rio Doce na primeira quinzena. A menor diferença média (-1,5 °C) ocorreu em Monte Azul (Norte de Minas) e a maior (3,7 °C), em Caparaó (Zona da Mata), ambas na segunda quinzena do mês de janeiro.

Num contexto geral, as diferenças médias de julho (Figura 3cd) foram maiores do que as encontradas no mês de janeiro. Da mesma forma como observado em janeiro, a diferença média mínima em julho (-3,9 °C) também ocorreu em Monte Azul, mas a maior diferença (6,8 °C) foi observada em Bambuí (Oeste de Minas), ambos na segunda quinzena. Na última localidade, a diferença máxima de 6,8 °C também foi verificada na primeira quinzena. A maior amplitude vista em julho pode ser devida ao baixo índice de precipitação, que tem como consequência uma massa de ar mais seca. Pode-se observar também que, além do extremo norte, a diferença entre a T_O e a T_{min} foi negativa em pequenas áreas do Noroeste de Minas Gerais e do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

Na comparação entre os resultados obtidos nos dois meses, notou-se maior amplitude na diferença entre a T_O e a T_{min} em julho e que diferenças foram observadas de uma quinzena para outra. Notou-se também que a temperatura do ponto de orvalho é geralmente maior que a temperatura mínima na maior parte das regiões mineiras. A explicação para isso é o fato de a T_O ser calculada em função da umidade relativa média (Equação 4). Sobre condições úmidas, a temperatura diminui até alcançar a temperatura do ponto de orvalho, e perto da superfície essa temperatura não diminui abaixo da T_O , devido à condensação do vapor de água e do correspondente calor latente liberado. Allen (1996) citou que, sobre condições mais evaporativas, a T_O é maior durante o dia do que durante a noite, devido à umidificação da camada limite pela evapotranspiração ocorrida durante o dia. Fazendo, assim, que os resultados encontrados seguissem essa tendência.

A localidade de Monte Azul ganha destaque nessa análise, visto que apresentou valores médios de temperatura mínima superiores ao da T_O . Isso

pode ser explicado pelo fato de essa localidade se encontrar numa região semi-árida. Assim, a umidificação da camada limite pela evapotranspiração não vai ocorrer com tanta frequência. Assim, os valores da T_o baseados na UR média são menores do que o da T_{min} .

Para uma análise mais detalhada, foram utilizados dados de estações selecionadas, conforme critério exposto no item 3.5. Assim, obtiveram-se oito estações localizadas, conforme ilustrado na Figura 4, visto que não havia estação em algumas das regiões delimitadas e definidas por Aspiazu et al. (1990). Os municípios aos quais pertencem as estações e sua simbologia são os seguintes: Monte Azul (MG1), Araçuaí (MG2), Governador Valadares (MG3), Caratinga (MG4), Caparaó (MG5), Conceição do Mato Dentro (MG6), São Lourenço (MG7) e Patos de Minas (MG8).

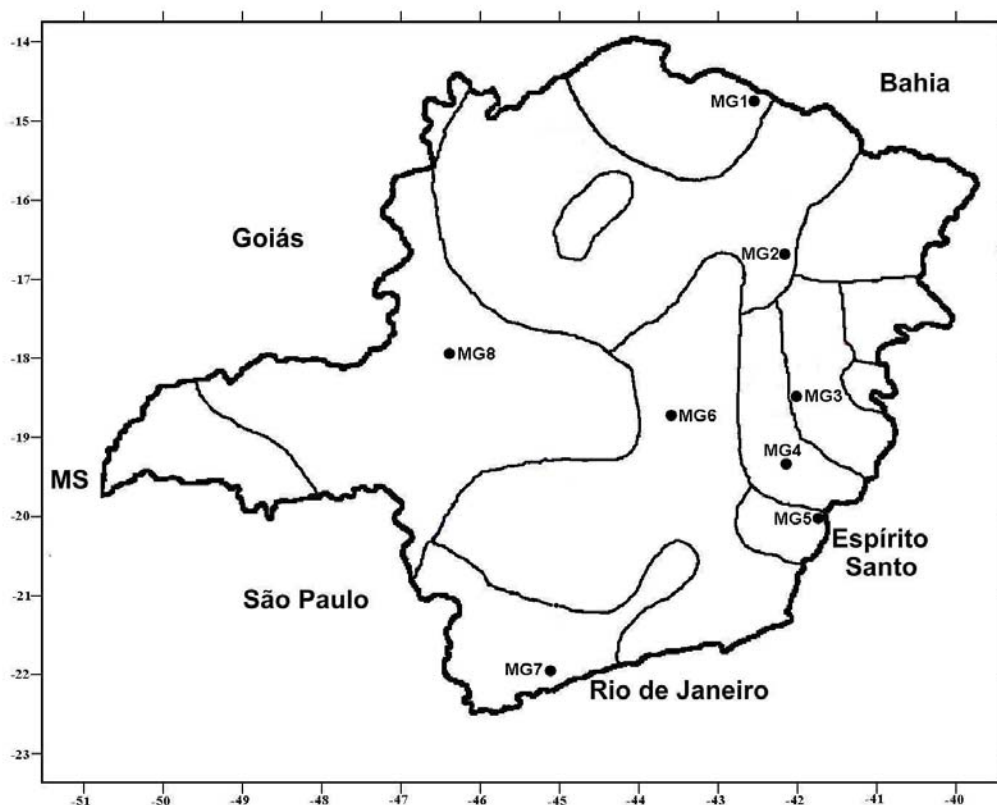


Figura 4 – Localização das oito estações selecionadas e delimitadas pelas regiões climaticamente homogêneas, definidas por Aspiazu et al. (1990).

Na Figura 5a-h são apresentadas a temperatura do ponto de orvalho e a temperatura mínima ajustada para as estações selecionadas.

De forma geral, a tendência de superestimação ou subestimação foi pequena, chegando a ser quase nula em Governador Valadares, Caparaó e São Lourenço. Houve superestimativas nos menores e subestimativas nos maiores valores de temperatura.

Os valores de correlação (r) foram significativos a 5% pelo teste t , variando de um mínimo de 0,72 (Monte Azul) a um máximo de 0,85 (Patos de Minas). O erro-padrão de estimativa (EPE) foi da ordem de 2,00 °C, com um máximo de 2,15 °C (Monte Azul) e um mínimo de 1,64 °C (Caratinga).

A superestimação observada nos menores valores de temperatura pode ser atribuída à maior diferença dos valores médios quinzenais da temperatura (Tabela 1 – Apêndice), nos meses de inverno (junho, julho e agosto). Nesses meses ocorrem os menores valores de temperatura. Dessa forma, a temperatura mínima ajustada assume maiores valores. Já a subestimação observada nos maiores valores de temperatura pode ser explicada usando esse raciocínio, porém de forma contrária. Assim, durante o verão (dezembro, janeiro e fevereiro), quando se observam maiores valores, as diferenças médias entre T_o e T_{min} são menores.

O ajuste da temperatura mínima a partir das diferenças médias quinzenais mostrou-se satisfatório, porém o ideal seria ter dados disponíveis de umidade relativa no momento de registro da temperatura mínima, pois, assim, o ajuste só seria necessário quando a temperatura mínima fosse maior que a temperatura do ponto de orvalho.

4.3. Estimativa da radiação solar a partir de diferenças de temperatura do ar

Primeiramente, determinou-se o coeficiente de ajuste (k_r) pelo método da pressão. Depois, avaliou-se qual a melhor metodologia para determinar a radiação solar em Minas Gerais, utilizando o k_r proposto por Allen (1995) ou por Hargreaves (1994b). Assim, a Tabela 4 apresenta os valores da pressão atmosférica média (P) e do k_r , método da pressão, nas localidades em estudo. Também é apresentado o erro-padrão de estimativa (EPE) nos períodos diário

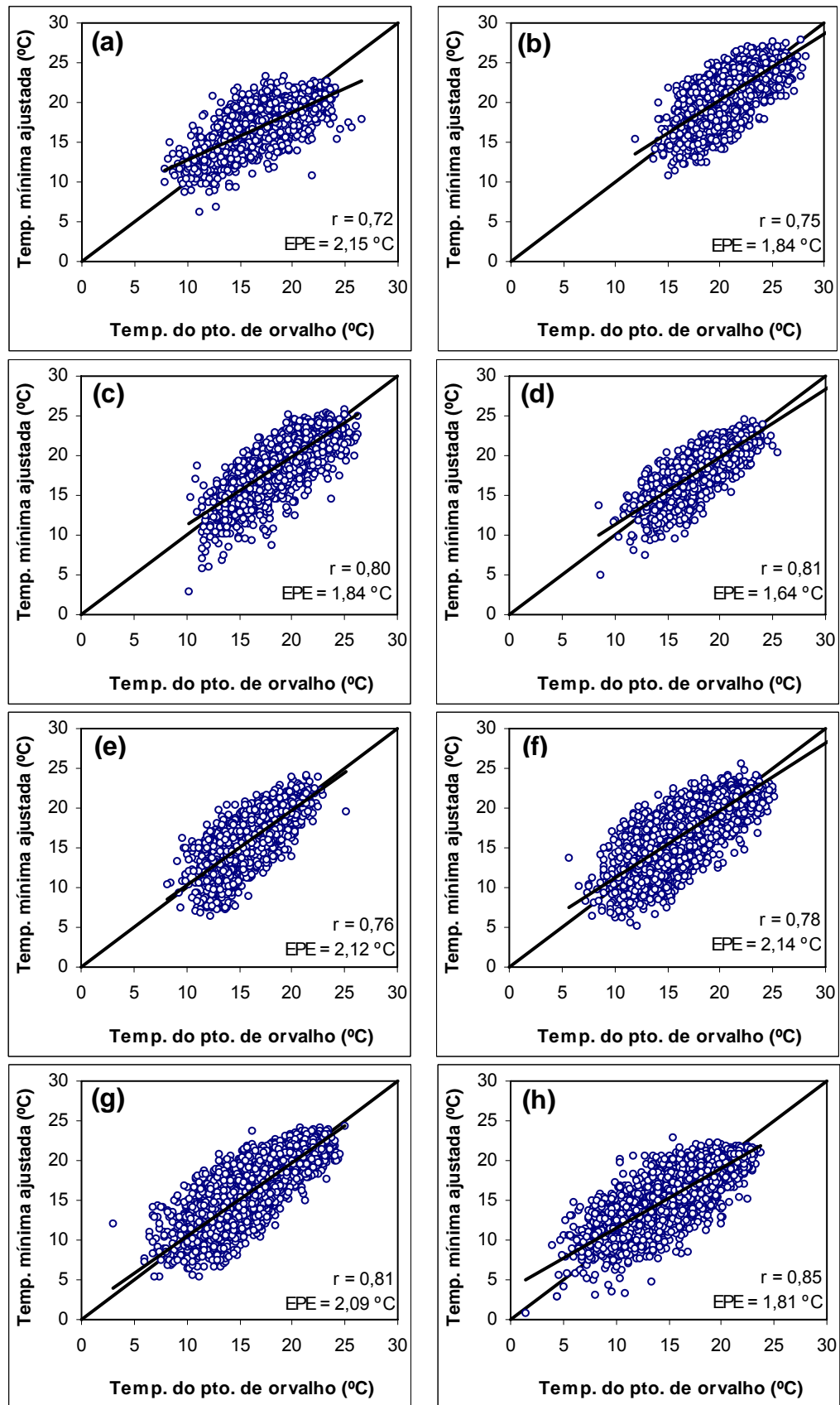


Figura 5 – Temperatura do ponto de orvalho calculada *versus* temperatura mínima ajustada das estações MG1 (a), MG2 (b), MG3 (c), MG4 (d), MG5 (e), MG6 (f), MG7 (g) e MG8 (h).

Tabela 4 – Valores da pressão atmosférica e do coeficiente de ajuste (método da pressão) nas localidades em estudo, e erro-padrão de estimativa (EPE) nos períodos mensal e diário

Localidade	Pressão Atmosférica (kPa)	kr	0,17(P/P _o) ^{0,5}		Hargreaves	
			EPE Diário (MJ m ⁻²)	EPE Mensal (MJ m ⁻²)	EPE Diário (MJ m ⁻²)	EPE Mensal (MJ m ⁻²)
Monte Azul	94,37	0,164	2,58	1,97	2,52	1,92
Pedra Azul	93,86	0,164	2,60	1,58	2,54	1,55
Montes Claros	93,89	0,164	2,04	1,15	1,99	1,13
Araçuaí	97,93	0,167	2,10	1,16	2,01	1,11
Paracatu	93,17	0,163	2,20	1,86	2,16	1,83
Itamarandiba	88,99	0,159	2,80	1,63	2,81	1,63
Teófilo Otoni	97,16	0,166	2,23	1,38	2,14	1,33
Capinópolis	94,18	0,164	3,26	2,17	3,18	2,12
Patos de Minas	90,67	0,161	2,25	1,64	2,24	1,63
Diamantina	86,89	0,157	2,34	1,76	2,38	1,78
Governador Valadares	99,56	0,169	2,37	1,67	2,25	1,59
Pompeu	93,40	0,163	2,51	1,96	2,46	1,92
Uberaba	92,89	0,163	2,69	1,57	2,65	1,54
Araxá	89,77	0,160	2,53	2,00	2,53	2,00
Bambuí	93,72	0,164	2,60	1,71	2,55	1,67
Sete Lagoas	93,04	0,163	2,48	1,90	2,44	1,87
Belo Horizonte	90,94	0,161	2,41	1,82	2,39	1,80
Conc. do Mato Dentro	93,83	0,164	2,55	1,09	2,49	1,07
Caratinga	94,30	0,164	2,35	1,41	2,29	1,38
Aimorés	100,33	0,169	2,41	1,71	2,28	1,61
Caparaó	91,72	0,162	2,73	1,35	2,70	1,34
Viçosa	93,41	0,163	2,30	1,31	2,25	1,29
Machado	91,39	0,161	2,20	1,56	2,18	1,55
Lavras	90,90	0,161	2,46	1,82	2,44	1,81
Barbacena	88,68	0,159	2,58	1,96	2,60	1,97
Juiz de Fora	90,67	0,161	2,91	2,17	2,89	2,16
São Lourenço	90,53	0,161	2,06	1,29	2,05	1,29
Média		0,163	2,46	1,65	2,42	1,63

e mensal. Conforme a lógica, os valores da pressão foram maiores nas localidades de baixa altitude e menores nas de maior altitude. Como exemplo, ressalta-se a variação da P de um valor mínimo de 86,89 kPa (Diamantina) a um valor máximo de 100,33 kPa (Aimorés).

Os valores do k_r foram diretamente proporcionais aos valores da pressão, ou seja, quanto maior o valor da P, maior o valor do k_r, variando de um valor mínimo de 0,157 (Diamantina) a um valor máximo de 0,169 (Aimorés e Governador Valadares), tendo um valor médio de 0,163. A porção leste do

Estado, representada por quatro localidades de baixas altitudes (Aimorés, Araçuaí, Governador Valadares e Teófilo Otoni), apresentou os maiores valores de k_r (entre 0,166 e 0,169). Esses resultados condizem com os do estudo de Allen (1997), realizado nas localidades situadas na mesma altitude, nos Estados Unidos.

O erro-padrão de estimativa foi calculado a partir dos resultados de radiação solar encontrados pelo método de Angström, sugerido pelo boletim da FAO 1998 (ALLEN, 1998) para o cálculo da ET_o , e do método de Hargreaves e Samani (1982), que utiliza o k_r em função da pressão atmosférica. Também foi calculado o EPE, comparando o método de Angström com o método baseado na temperatura, que utiliza o k_r fixo nas regiões continentais. O EPE foi calculado para dados diários e mensais, na qual se utilizaram os dados de um único ano (1977).

No geral, o EPE nos períodos diário e mensal foi menor utilizando o coeficiente fixo de 0,16, com exceções observadas nas localidades de Itamarandiba, Diamantina e Barbacena. Essas localidades estão situadas entre 1.050 e 1.300 m de altitude, indicando que nessas altitudes o modelo baseado na pressão é o que mais se aproxima do método de Angström, em Minas Gerais.

No método da pressão, o EPE diário variou de um mínimo de $2,04 \text{ MJ m}^{-2}$ (Montes Claros) a um máximo de $3,26 \text{ MJ m}^{-2}$ (Capinópolis), com um valor médio de $2,46 \text{ MJ m}^{-2}$. Para valores mensais, a variação foi de $1,09 \text{ MJ m}^{-2}$ (Conceição do Mato Dentro) a $2,17$ (Capinópolis e Juiz de Fora), com um valor médio de $1,65 \text{ MJ m}^{-2}$. Porém, quando se utiliza o coeficiente fixo de Hargreaves, os valores do EPE diminuem um pouco. Em nível diário, houve variação de $1,99 \text{ MJ m}^{-2}$ (Montes Claros) a $3,18 \text{ MJ m}^{-2}$ (Capinópolis), com valor médio de $2,42 \text{ MJ m}^{-2}$. Entretanto, em nível mensal, o EPE variou de $1,07 \text{ MJ m}^{-2}$ (Conceição do Mato Dentro) a $2,16 \text{ MJ m}^{-2}$ (Juiz de Fora), com um valor médio de $1,63 \text{ MJ m}^{-2}$. Comparando o EPE calculado pelo método da pressão e do coeficiente fixo de Hargreaves, a diferença foi de $\pm 1\%$, tanto no período diário quanto no mensal, ou seja, a diferença entre ambos não foi significativa. Ainda assim, o erro será menor quando se utilizar o k_r proposto por Hargreaves.

Na Figura 6a-h, contam-se a radiação estimada pelo modelo de Angström e a estimada a partir da temperatura utilizando o coeficiente fixo de 0,16, em cada uma das estações selecionadas, de acordo com o item 3.5.

De forma geral, os valores de correlação (r) foram significativos a 5% pelo teste t , variando de um mínimo de 0,72 (Monte Azul) a um máximo de 0,87 (São Lourenço), porém a radiação estimada com k_r de 0,16 superestimou nos menores e subestimou nos maiores valores de radiação, com exceção da localidade de Conceição do Mato Dentro, em que os valores de radiação apresentaram uma tendência de superestimação. O erro-padrão de estimativa (EPE) variou de 2,01 MJ m⁻² (Araçuaí) a 2,70 MJ m⁻² (Caparaó).

As tendências observadas nas figuras podem estar sendo influenciadas por outros fatores, além da temperatura, visto que Allen (1997) ressaltou que, além da R_s e nebulosidade, outros fatores como a velocidade do vento, o conteúdo de vapor d'água, a disponibilidade de água no solo para evaporação, a altitude, a precipitação e os sistemas meteorológicos frontais afetam as temperaturas máxima e mínima, especialmente em escala diária. Assim, para minimizar erros na ETo, Allen (2000) relatou que, ao se calcular a ETo diária baseada no modelo de Hargreaves e Samani (1982) com coeficiente fixo (0,16), sejam consideradas as ETo baseadas em somas ou médias diárias.

4.4. Avaliação do cálculo de ETo pelas temperaturas máxima e mínima

Na Figura 7a-d constam as correlações entre os valores médios da ETo, obtida pelo REF-ET e da ETo obtida pela T_{max} e T_{min} , nos períodos mensal (7a), quinzenal (7b), decendial (7c) e semanal (7d), considerando-se a velocidade do vento igual a 1 m/s. Em todas as situações, os valores equivalem-se, ou seja, as melhores correlações foram encontradas na metade leste de Minas Gerais, com valores superiores a 0,84, com relevância dada à região representada pela estação de São Lourenço (Sul/Sudoeste de Minas), que obteve valores de 0,97 nos períodos mensal e quinzenal. Em contrapartida, no extremo norte de Minas Gerais e no centro-oeste do Triângulo Mineiro foram encontradas as menores correlações, mas significativas no nível de 5%. A única localidade que não apresentou valor significativo nesse nível de probabilidade foi a de Paracatu, localizada a noroeste do Estado, nos períodos quinzenais e mensais.

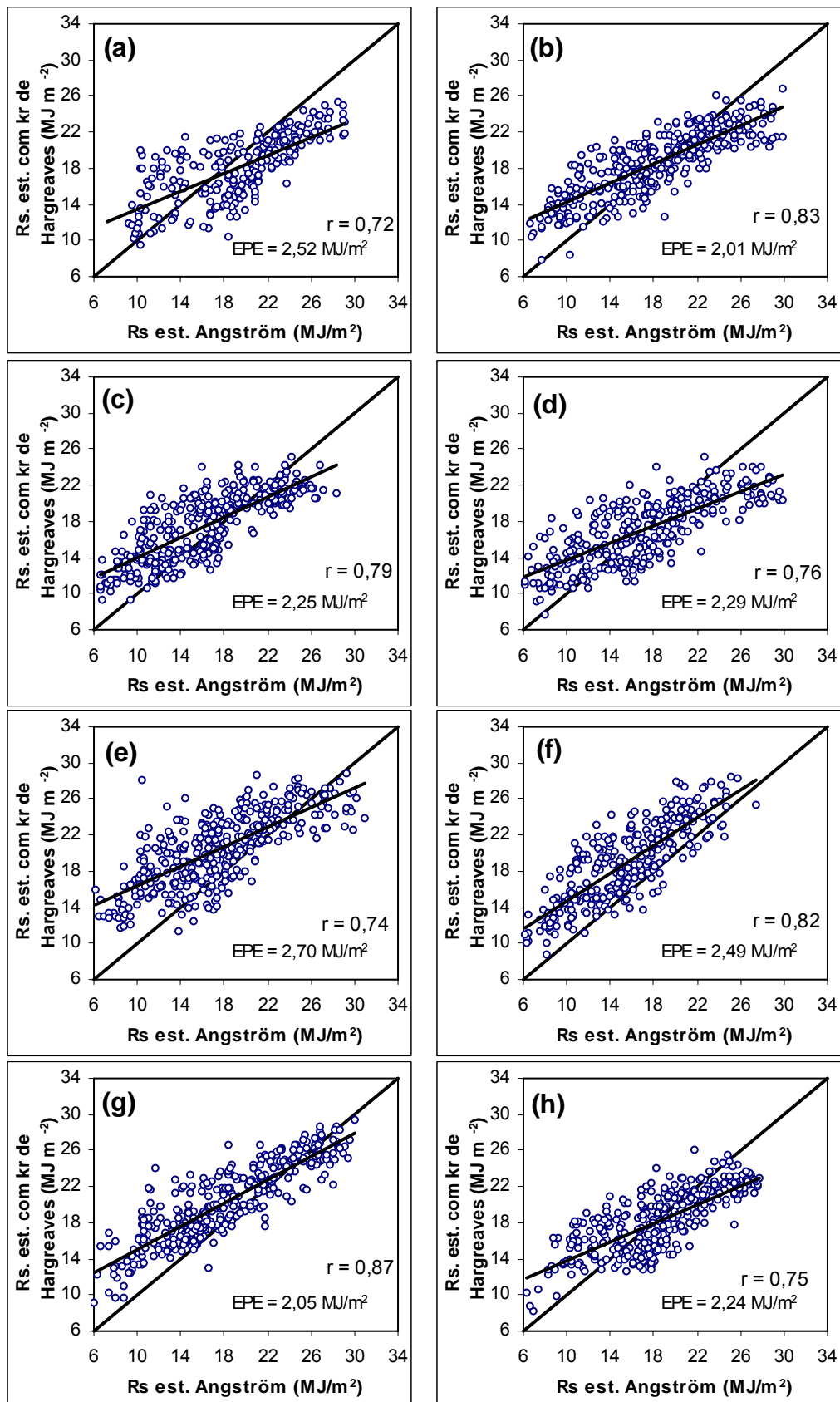


Figura 6 – Radiação estimada pelo modelo de Angström *versus* radiação baseada na temperatura utilizando coeficiente de Hargreaves das estações MG1 (a), MG2 (b), MG3 (c), MG4 (d), MG5 (e), MG6 (f), MG7 (g) e MG8 (h).

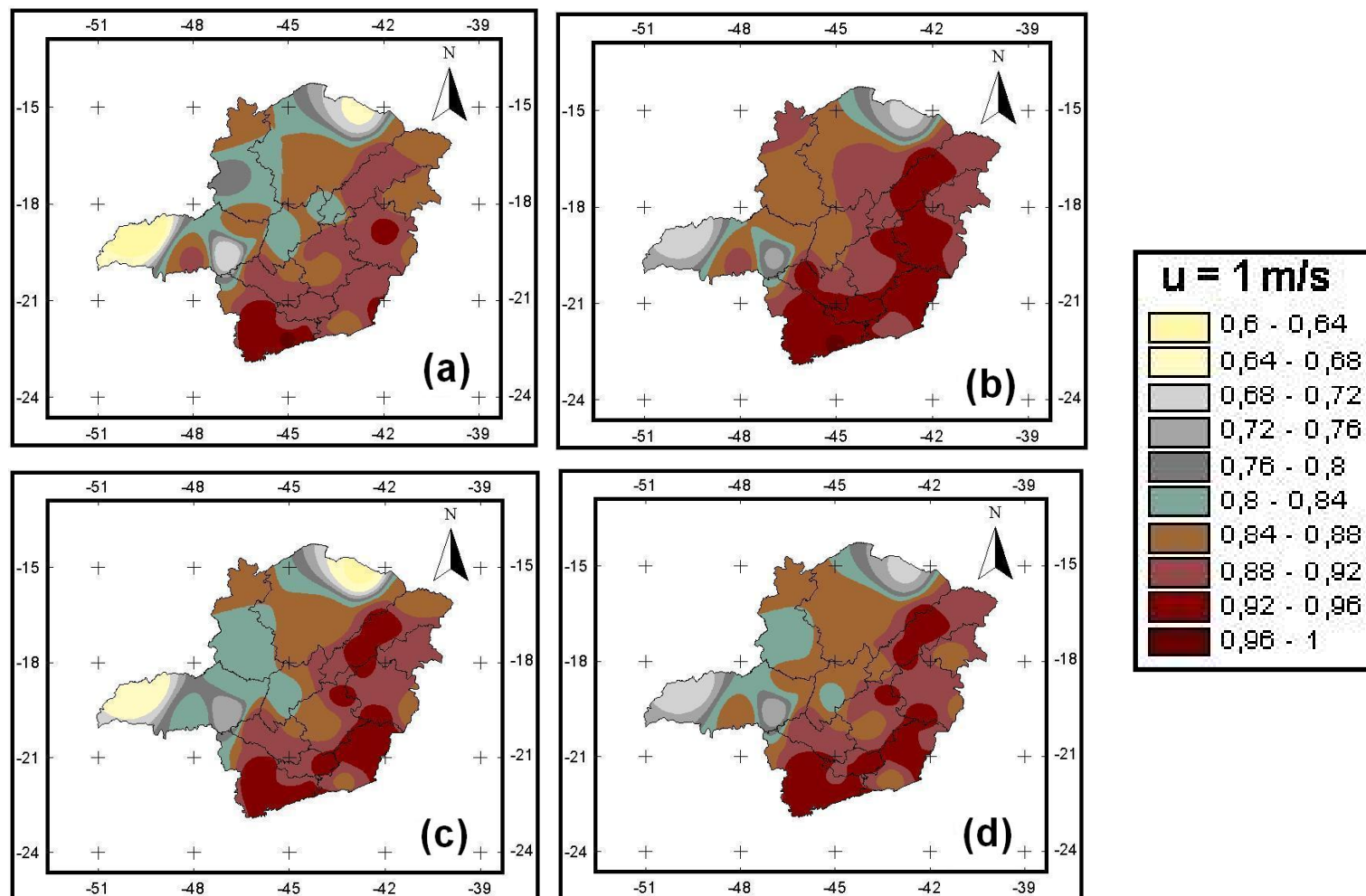


Figura 7 – Correlações entre os valores médios da ETo, obtida pelo REF-ET, e da ETo obtida pela T_{\max} e T_{\min} , nos períodos mensal (a), quinzenal (b), decenal (c) e semanal (d), para velocidade do vento igual a 1 m/s.

Comportamento semelhante foi observado nas correlações entre as mesmas variáveis (Figura 8), nos mesmos períodos temporais, mas considerando-se a velocidade do vento de 2 m/s. Assim, os resultados mais significativos foram verificados na metade leste do Estado, tendo valores não-significativos somente na estação de Paracatu no período quinzenal (Figura 8b). Coincidentemente, no citado período foram encontrados os maiores valores de correlação (entre 0,92 e 0,96), abrangendo as regiões Sul, Campo das Vertentes, Zona da Mata, Vale do Rio Doce, Médio e Alto Jequitinhonha e centro-norte de Minas Gerais.

Considerando a velocidade do vento igual a 3 m/s, já se tornam mais notáveis as divergências nos valores entre os períodos temporais e as regiões de Minas Gerais, bem como a redução das áreas com grandes valores de correlação. Uma mostra dessa afirmação pode ser vista na análise mensal (Figura 9a), em que os valores a oeste do Triângulo Mineiro chegaram a ficar abaixo de 0,50, tendo também ao sul do Alto Paranaíba e centro do Estado valores baixos de correlação. Comportamentos semelhantes foram observados nos períodos quinzenal (Figura 9b), decendial (Figura 9c) e semanal (Figura 9d). Novamente, Paracatu foi a localidade que obteve resultados não-significativos no nível de 5%, pelo teste t, não somente no período quinzenal, mas também no mensal.

A Figura 10 indica que os valores de ETo obtidos pela $T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{mín}}$ não foram precisos em relação aos obtidos pelo programa REF-ET, para velocidade do vento igual a 5 m/s. Isso é notado em todos os períodos, uma vez que tiveram uma redução considerável nas correlações, como a oeste do Triângulo Mineiro, que teve fatores de correlação inferiores a 0,40. Mesmo assim, numa análise espacial houve predominância nos valores acima de 0,76, sendo novamente as regiões da metade leste do Estado responsáveis por tais valores. Assim como observado para velocidade do vento de 3 m/s, nesta análise a estação de Paracatu novamente foi a única com valores não-significativos no nível de 5%, nos períodos quinzenal e mensal. O motivo para tais resultados observados nas quatro situações de diferentes velocidades do vento poderia ter respaldo no pequeno número de anos utilizados da série. Porém, estações como de Monte Azul, Pompeu, Caparaó e Montes Claros, com pequeno número de anos utilizados (Tabela 2), não tiveram comportamentos semelhantes aos verificados em Paracatu.

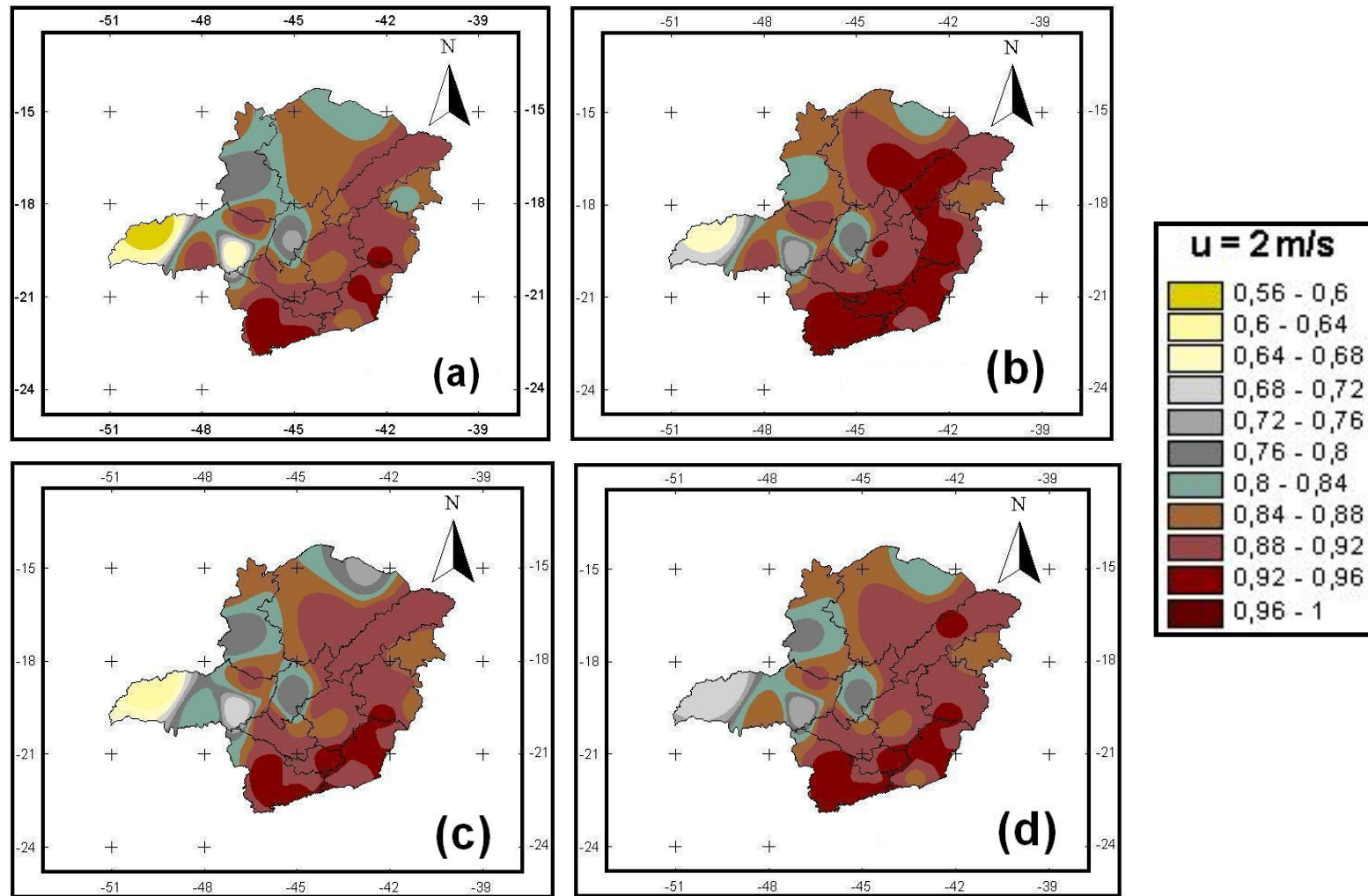


Figura 8 – Correlações entre os valores médios da E_{To} , obtida pelo REF-ET, e da E_{To} obtida pela T_{max} e T_{min} , nos períodos mensal (a), quinzenal (b), decenal (c) e semanal (d), para velocidade do vento igual a 2 m/s.

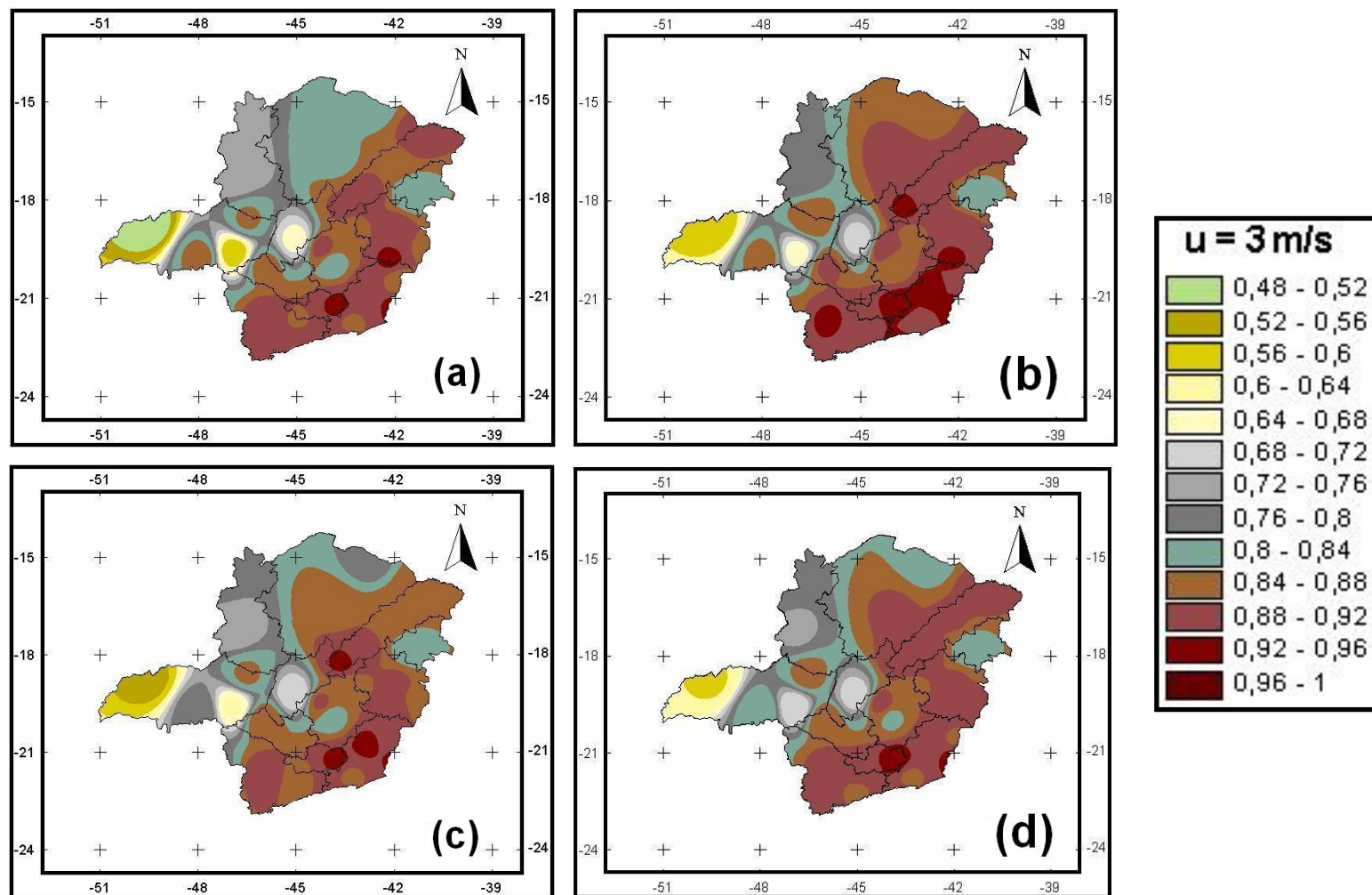


Figura 9 – Correlações entre os valores médios da ETo, obtida pelo REF-ET, e da ETo obtida pela T_{max} e T_{min} , nos períodos mensal (a), quinzenal (b), decenal (c) e semanal (d), para velocidade do vento igual a 3 m/s.

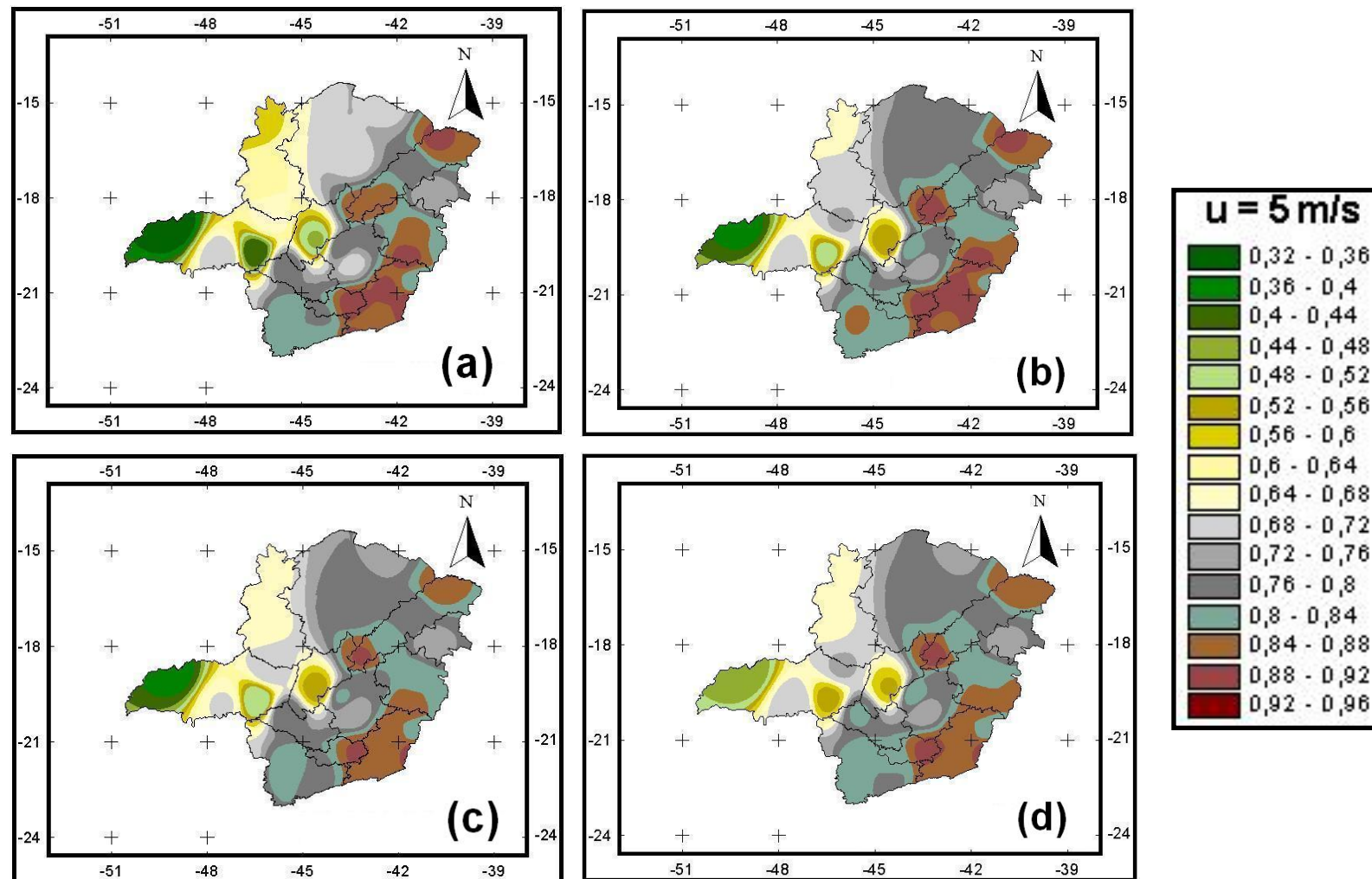


Figura 10 – Correlações entre os valores médios da ETo, obtida pelo REF-ET, e da ETo obtida pela T_{max} e T_{min} , nos períodos mensal (a), quinzenal (b), decenal (c) e semanal (d), para velocidade do vento igual a 5 m/s.

Na comparação entre os resultados obtidos com diferentes velocidades do vento, claramente notou-se redução na precisão da ETo para velocidade do vento a partir de 3 m/s, sendo mais notável a 5 m/s. Em princípio, esperava-se redução nos valores das correlações com o aumento da velocidade do vento, pois, nessas situações, os valores de evapotranspiração aumentariam, diferenciando daqueles que utilizam a velocidade do vento registrada. Mesmo assim, os resultados da ETo determinados somente com a utilização da temperatura em grande parte das regiões mineiras foram satisfatórios.

Pôde ser observada uma grande variação espacial nas figuras de correlações, em todas as velocidades do vento, porém análises específicas não foram conduzidas para saber qual o motivo dessas ocorrências. A localidade de Capinópolis, destacada por apresentar os menores valores de correlação, não apresentou motivo aparente para tal tendência.

Apesar dos bons resultados encontrados, principalmente com a velocidade do vento de 2 m/s, os gráficos de dispersão foram feitos com o intuito de interpretar a tendência dos valores de ETo, baseado nas temperaturas máxima e mínima, para a referida velocidade. Assim, a evapotranspiração de referência, obtida pelo REF-ET, e a evapotranspiração de referência obtida a partir da T_{max} e T_{min} são apresentadas nos períodos decendial (Figura 11) e mensal (Figura 12), para cada uma das estações selecionadas, de acordo com o item (3.5).

De forma geral, houve tendência de subestimação da ETo calculada a partir da T_{max} e T_{min} , tanto no período decendial quanto mensal, sendo essa característica mais visível, nos maiores valores de evapotranspiração registrados em Monte Azul.

Para médias decendiais, os valores de correlação variaram de um mínimo de 0,76 (Monte Azul) a um máximo de 0,93 (Caratinga e São Lourenço). O EPE variou de 0,20 mm/dia (Araçuaí) a 0,28 mm/dia (Monte Azul e Conceição do Mato Dentro). Já as médias mensais tiveram valores de correlação variando de 0,81 (Monte Azul) a 0,95 (São Lourenço). O EPE variou de 0,18 mm/dia (Patos de Minas) a 0,28 mm/dia (Caparaó).

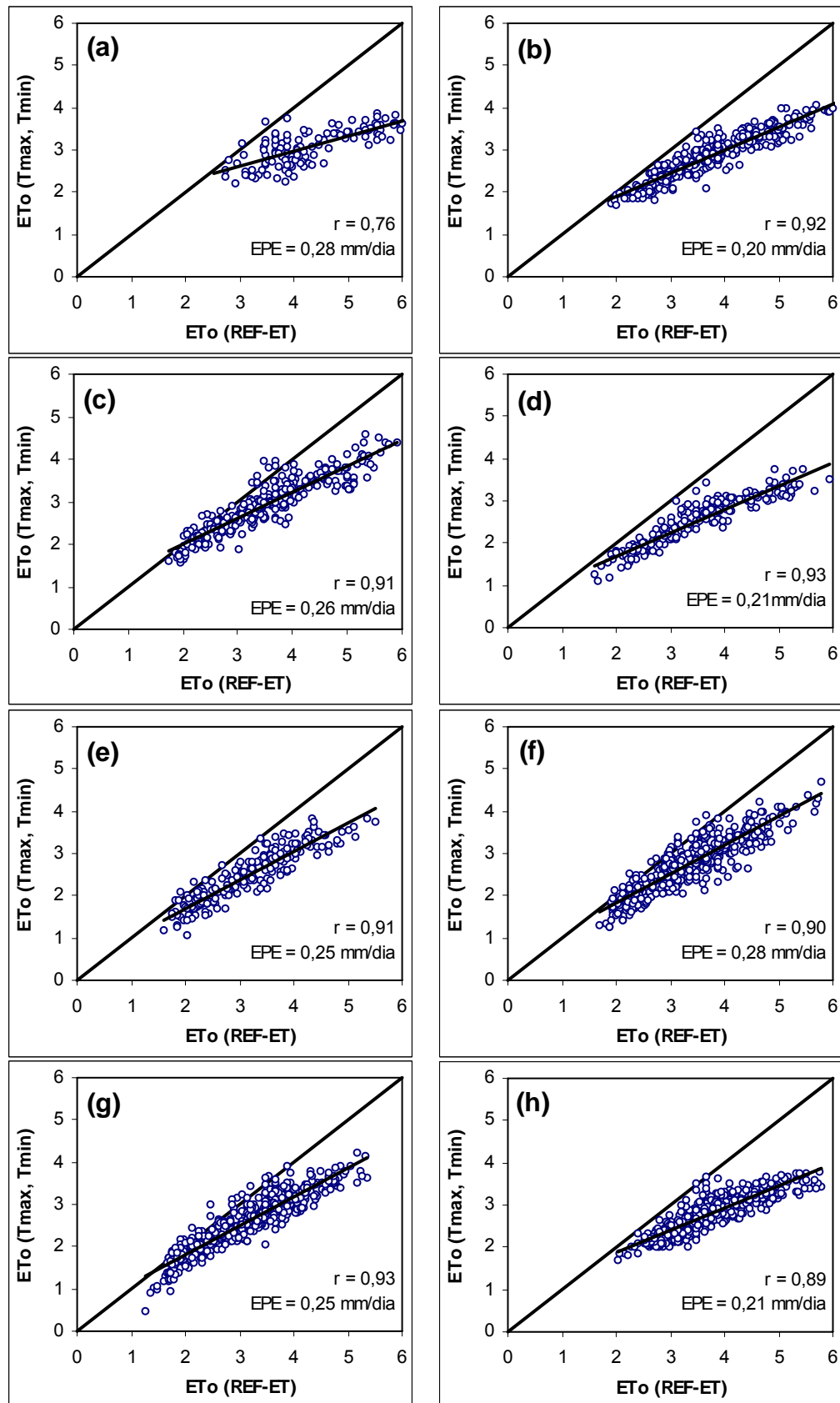


Figura 11 – Valores médios decendiais da ETo, obtida pelo REF-ET, e da ETo obtida pela temperatura e velocidade do vento de 2 m/s, das estações MG1 (a), MG2 (b), MG3 (c), MG4 (d), MG5 (e), MG6 (f), MG7 (g) e MG8 (h).

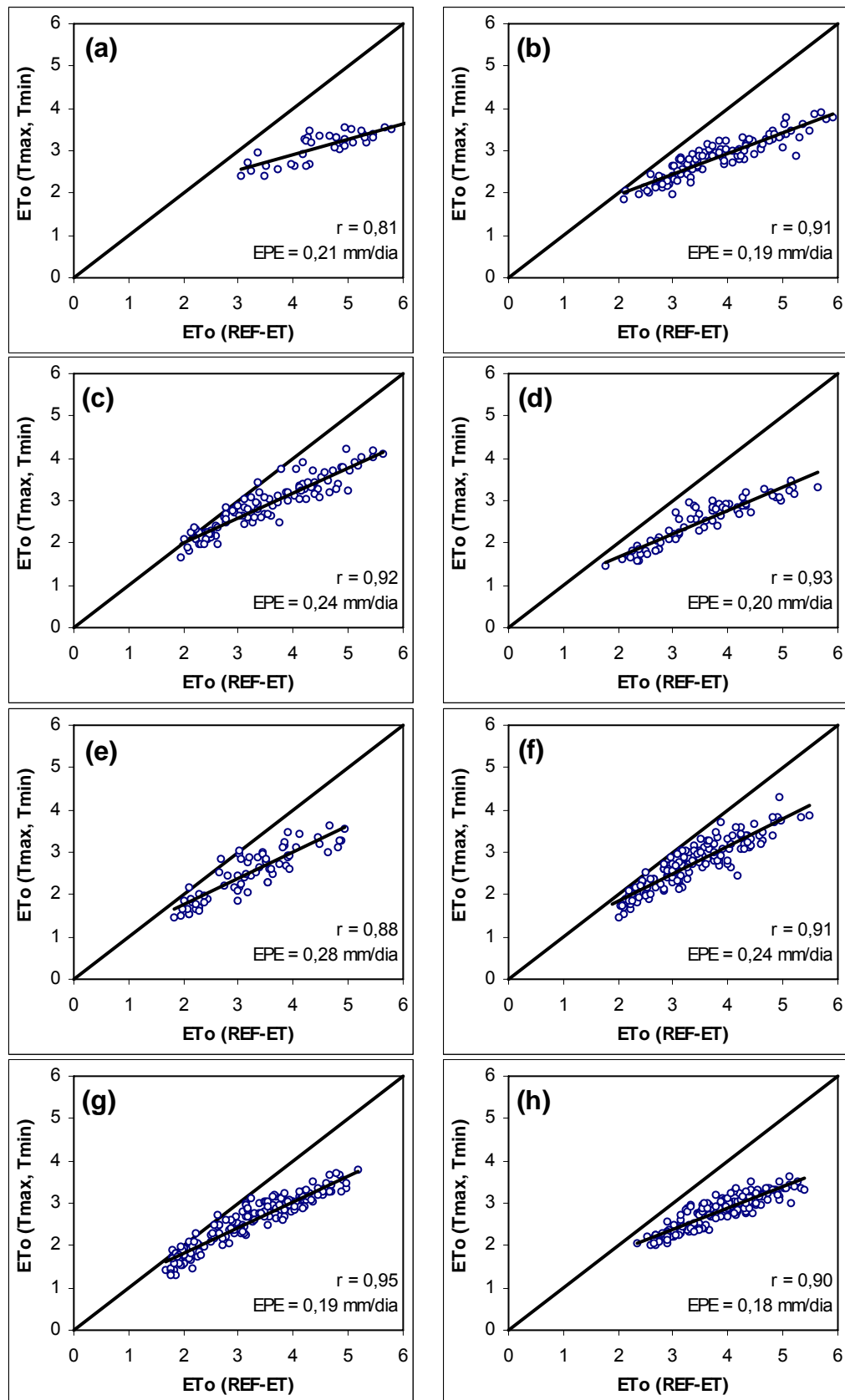


Figura 12 – Valores médios mensais da ET₀, obtida pelo REF-ET, e da ET₀ obtida pela temperatura e velocidade do vento de 2 m/s, das estações MG1 (a), MG2 (b), MG3 (c), MG4 (d), MG5 (e), MG6 (f), MG7 (g) e MG8 (h).

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Dados meteorológicos de 27 estações foram utilizados para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith FAO (1998) a partir das temperaturas máximas e mínimas do Estado de Minas Gerais. O erro-padrão de estimativa, o gráfico de dispersão 1:1 e o coeficiente de correlação derivados do método da Análise de Regressão Linear foram utilizados para avaliar a precisão da radiação utilizando os coeficientes de ajuste (k_r) propostos por Hargreaves (1994b) e Allen (1995). Igualmente com as citadas metodologias, avaliaram-se os resultados de ET_o para quatro valores fixos da velocidade do vento (1, 2, 3 e 5 m/s) em quatro períodos temporais (semanal, decenal, quinzenal e mensal), com os valores de ET_o obtidos pelo programa REF-ET.

Diante dos resultados, concluiu-se que:

- O ajuste da temperatura mínima a partir das diferenças médias quinzenais mostrou ser satisfatório, mesmo havendo superestimativas nos menores e subestimativas nos maiores valores de temperatura.
- O coeficiente de ajuste proposto por Hargreaves é mais preciso para calcular a radiação solar no Estado de Minas Gerais do que a metodologia baseada na pressão atmosférica.
- Os resultados da evapotranspiração de referência determinados somente com a utilização das temperaturas máxima e mínima foram, em grande parte das regiões mineiras, satisfatórios, principalmente no leste do Estado e em velocidades do vento de 1 e 2 m/s.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. **REF-ET**: Reference evapotranspiration calculator, version 2.0. Kimberly: University of Idaho Research and Extension Center, 2000. 76 p.

ALLEN, R. G. **Evaluation of procedures for estimating mean monthly solar radiation from air temperature**. Rome: FAO, 1995. 120 p.

ALLEN, R. G. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 122, n. 2, p. 97-106, 1996.

ALLEN, R. G. Self-calibrating method for estimating solar radiation from air temperature. **Journal of Hydrologic Engineering**, Logan, v. 2, n. 2, p. 56-67, 1997.

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration**: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

AMATYA, D. M.; SKAGGS, R. W.; GREGORY, J. D. **Comparison of methods for estimating potential evapotranspiration**. St. Joseph: ASAE, 1992. 27 p. (ASAE Paper, 92-2630).

AMORIM, R. S. S. et al. Análise comparativa da evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pelo método Penman-Monteith-FAO (56) entre dados horários, diários, decendiais e mensais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, 2001. CD-ROM.

ASPIAZU, C.; RIBEIRO, G. A.; VIANELLO, R. L. Análise dos componentes principais aplicado na classificação climática do Estado de Minas Gerais. Teste metodológico. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 14, p.1-15, 1990.

BRUTSAERT, W. **Evaporation into the atmosphere**. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Company, 1982. 299 p.

CASTELLVÍ, F. et al. Analysis of methods for estimating vapor pressure deficits and relative humidity. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 82, p. 29-45, 1996.

CASTELLVÍ, F. et al. Methods for estimating vapor pressure deficit at a regional scale depending on data availability. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, p. 243-252, 1997.

CHANG, J. **Climate and agriculture: an ecological survey**. Chicago: Aldine Publication, 1968. Cap. 13, p. 129-143: Evapotranspiration.

CUENCA, G. R.; NICHOLSON, M. T. Application of Penman equation wind function. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 108, p. 13-23, 1982.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. 2. ed. Rome: FAO, 1977. 179 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 24).

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Estimating potential evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 108, p. 225-230, 1982.

HARGREAVES, G. H. Defining and using reference evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 120, p. 1132-1139, 1994a.

HARGREAVES, G. H. **Simplified coefficients for estimating monthly solar radiation in North America and Europe**. Logan, Utah: Departmental Paper, Department Biology and Irrigation Engineering, Utah State University, 1994b.

HOOK, J. E.; McCLENDON, R. W. Estimation of solar radiation data missing from long-term meteorological records. **Agronomy Journal**, v. 84, p. 739-742, 1992.

HOWELL, T. A.; DUSEK, D. A. Comparison of vapor-pressure-deficit calculation methods – Southern High Plains. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 121, n. 2, p. 191-198, 1995.

HUPET, F.; VANCLOOSTER, M. Effect of the sampling frequency of meteorological variables on the estimation of the reference evapotranspiration. **Journal of Hidrology**, Amsterdam, v. 243, p. 192-204, 2001.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990. 332 p. (Manual n° 70).

JONG, R.; STEWART, D. W. Estimating global solar radiation from common meteorological observations in western Canada. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 73, p. 509-518, 1993.

LEY, T. W.; HILL, R. W.; JENSEN, D. T. Errors in Penman-Wright alfafa reference evapotranspiration estimates: I. Model sensitivity analyses. **Transactions of the ASAE**, v. 37, n. 6, p. 1853-1861, 1994.

LIU, D. L.; SCOTT, B. J. Estimation of solar radiation in Australia from rainfall and temperature observations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 106, p. 41-59, 2001.

MELLO, J.L.P. **Análise de sensibilidade dos componentes da equação de Penman-Monteith-FAO**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 78 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MEZA, F.; VARAS, E. Estimation of mean monthly solar global radiation as a function of temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 100, p. 231-241, 2000.

OLIVEIRA, C. W. et al. **Estimating reference evapotranspiration in northeastern Brazil**. Orlando: ASAE, 1998. 14 p. (ASAE. Paper, 982184).

PEREIRA, A. R. et al. Penman's wind function for a tropical humid climate. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 69-75, 1996.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1997a. 183 p.

PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. S.; MARCHI, J. L. Estimativa do déficit de saturação médio diário. In: REUNIÓN ARGENTINA Y I LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1997, Argentina. **Anais...** Buenos Aires, 1997b. p.15-16.

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

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate – The biological environment**. 2.ed. Nebraska, USA: John Wiley & Sons, 1983. 495 p.

SADLER, E. J.; EVANS, D. E. Vapor pressure deficit calculations and their effect on the equation combination equation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 49, p. 55-80, 1989.

SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1-12, 1996.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 54 p.

THORNTON, P. E.; RUNNING, S. W. An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurements of temperature, humidity and precipitation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 93, p. 211-228, 1999.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2000. 449 p.

APÉNDICE

Tabela 1A – Valores médios do diferencial de temperatura (To - Tmin) em °C, nas primeiras (1ª Q) e segundas (2ª Q) quinzenas do ano

Localidade	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q	1ª Q	2ª Q
Monte Azul	-0,66	-1,49	1,18	0,71	-1,22	-1,09	0,79	-0,86	-0,70	-2,33	-2,75	-3,36	-3,59	-3,91	-5,08	-5,37	-6,08	-3,44	-3,69	-3,04	-1,91	-0,74	-1,27	-0,19
Pedra Azul	1,06	0,68	0,84	0,46	0,70	0,70	0,81	0,69	0,70	1,16	1,58	1,17	0,96	0,79	0,70	0,31	-0,26	-0,24	0,16	0,31	0,32	0,80	0,85	0,92
Montes Claros	1,35	0,86	1,13	1,25	0,78	1,38	1,48	1,75	1,94	2,42	2,37	1,82	1,07	0,68	-0,41	-1,45	-2,04	-2,21	-1,71	0,08	0,64	1,41	1,38	1,81
Araçuaí	3,07	2,34	2,58	2,21	2,37	2,57	2,26	2,36	2,36	2,90	2,96	2,69	2,72	2,75	2,55	1,84	0,95	0,52	0,58	1,38	1,51	2,29	2,60	2,48
Paracatu	2,11	1,46	2,45	2,29	1,57	2,36	2,44	2,82	3,74	3,95	4,48	3,90	3,46	3,00	2,70	2,22	1,44	0,47	1,98	1,70	1,94	2,12	2,11	2,58
Itamarandiba	2,24	2,20	2,22	2,15	2,42	2,53	2,37	2,33	2,76	2,98	3,24	3,05	3,10	3,11	3,05	2,61	1,79	1,53	1,60	1,64	1,75	1,88	2,16	2,21
Teófilo Otoni	3,25	3,04	2,35	3,06	3,15	3,31	3,32	3,69	4,58	5,70	5,24	4,99	4,52	4,49	4,91	4,17	3,19	3,38	3,17	3,08	3,10	3,37	4,12	3,95
Capinópolis	3,01	2,67	2,92	3,20	3,34	3,66	2,99	2,86	2,57	1,80	1,65	1,49	1,41	-0,16	-0,75	-1,80	-1,48	-0,62	1,16	1,31	2,14	2,52	2,73	3,22
Patos de Minas	1,23	1,12	1,15	1,29	1,15	1,22	1,52	1,39	1,22	0,99	0,81	0,14	-0,01	-0,88	-2,04	-3,68	-3,15	-2,60	-0,75	-0,13	0,60	1,18	1,24	1,38
Diamantina	1,07	1,37	1,20	1,14	0,98	1,44	1,76	1,51	1,54	1,36	1,23	1,10	1,10	0,40	-0,23	-0,31	0,50	0,35	0,88	1,37	1,21	1,90	1,18	1,59
Gov. Valadares	0,03	0,74	0,77	0,27	0,46	0,35	0,85	1,03	1,22	1,63	2,03	1,74	1,40	1,02	0,12	-0,43	0,07	-0,32	0,21	0,57	1,09	1,61	1,08	1,16
Pompeu	1,39	1,39	1,53	2,12	1,04	1,92	2,03	2,37	3,00	3,72	3,76	3,69	3,08	2,91	1,82	1,30	0,62	0,71	1,37	1,56	2,54	2,50	1,91	2,45
Uberaba	1,74	1,55	1,77	2,48	2,05	2,22	2,27	2,14	2,91	2,63	3,19	2,84	2,30	1,05	0,08	-0,59	-0,77	-0,88	0,74	0,89	1,44	1,72	1,78	1,82
Araxá	2,95	2,41	2,61	2,63	2,53	2,06	1,91	1,72	1,82	1,95	1,27	1,75	1,75	0,61	0,14	0,15	1,76	0,82	2,20	2,22	2,52	2,98	2,97	3,00
Bambuí	2,85	2,97	2,71	3,06	3,10	3,30	3,56	4,50	5,73	5,75	6,57	6,96	6,78	6,80	6,52	5,77	3,71	3,67	3,01	3,12	2,79	2,59	2,79	2,77
Sete Lagoas	0,97	1,13	1,34	1,45	1,34	1,60	1,73	2,05	2,19	2,24	2,61	2,20	1,88	1,33	0,80	-0,21	-0,48	-0,96	0,05	0,24	0,85	1,26	1,17	1,16
Belo Horizonte	0,63	0,58	0,56	0,84	0,39	0,66	0,57	0,63	0,91	0,81	1,15	0,85	0,56	0,16	-0,46	-1,09	-1,24	-1,29	-0,44	-0,18	0,29	0,64	0,85	1,05
Conc.do Mato Dentro	2,04	1,84	1,98	2,16	2,11	2,38	2,76	3,12	4,02	4,20	5,08	4,00	3,56	4,26	3,85	3,07	1,97	1,38	1,45	1,47	1,39	1,66	1,66	1,99
Caratinga	1,40	1,36	1,21	1,17	1,18	2,10	2,47	2,52	3,28	3,62	3,87	3,77	2,96	3,13	2,89	1,90	0,29	-0,23	0,36	0,96	0,75	0,98	1,21	1,66
Aimorés	2,37	2,17	2,44	1,89	1,55	1,98	2,01	2,48	3,77	3,56	3,10	3,55	3,43	3,31	2,30	1,83	1,33	1,64	1,75	1,89	1,23	1,83	2,21	2,55
Caparaó	3,36	3,66	2,95	3,88	3,71	3,78	3,52	3,96	5,24	5,19	5,91	5,75	4,73	4,75	4,68	3,51	2,35	1,57	2,88	2,92	2,92	2,69	3,25	3,58
Viçosa	2,57	2,54	2,73	2,58	2,84	3,13	3,02	3,40	4,39	4,83	5,17	5,01	4,61	4,88	4,52	3,73	2,50	2,64	2,03	2,06	1,50	1,77	1,90	2,11
Machado	2,10	1,98	2,03	1,89	2,18	2,40	2,64	3,07	3,51	3,74	3,96	3,83	3,54	3,29	2,87	2,28	1,21	1,01	1,47	1,37	1,58	1,48	1,51	1,75
Lavras	2,64	2,17	2,34	2,31	2,57	2,74	2,74	2,88	3,26	3,51	3,85	3,12	2,77	2,28	2,08	1,81	1,52	1,10	1,79	1,84	1,90	2,32	2,08	2,32
Barbacena	2,06	2,17	1,67	1,98	2,08	2,20	2,41	2,32	2,51	2,25	2,30	2,04	1,95	1,60	1,66	1,55	1,40	1,62	2,18	2,09	2,37	2,51	2,33	2,45
Juiz de Fora	1,65	1,29	1,05	1,17	1,55	1,78	1,81	1,76	1,63	2,24	2,39	1,90	1,61	1,69	1,54	1,11	1,14	1,39	1,83	1,18	1,95	1,66	1,52	2,02
São Lourenço	2,61	2,80	2,85	2,75	3,09	3,53	3,54	4,62	5,53	6,01	6,31	6,67	6,18	6,21	5,34	4,91	3,50	2,88	2,48	2,59	2,35	2,20	2,42	2,49

Tabela 2a – Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Monte Azul, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,17 mm/dia*			
a		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,32	4,54	4,75	4,96	5,18	5,39	5,59	5,80	6,01	6,21
	15	4,42	4,64	4,86	5,08	5,29	5,51	5,72	5,93	6,14	6,34
	16	4,52	4,75	4,97	5,19	5,41	5,63	5,84	6,05	6,27	6,48
	17	4,63	4,86	5,09	5,31	5,53	5,75	5,97	6,18	6,40	6,61
	18	4,73	4,97	5,20	5,43	5,65	5,87	6,09	6,31	6,53	6,75
	19	4,84	5,08	5,31	5,54	5,77	6,00	6,22	6,44	6,66	6,88
	20	4,95	5,19	5,43	5,66	5,89	6,12	6,35	6,58	6,80	7,02
	21	5,05	5,30	5,54	5,78	6,02	6,25	6,48	6,71	6,94	7,16
	22	5,16	5,41	5,66	5,90	6,14	6,38	6,62	6,85	7,08	7,31
	23	5,27	5,53	5,78	6,03	6,27	6,51	6,75	6,99	7,22	7,45

		Tmax - Tmin						EPE = 0,19 mm/dia*			
b		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,69	4,96	5,23	5,50	5,77	6,04	6,31	6,58	6,86	7,13
	15	4,81	5,09	5,36	5,64	5,91	6,19	6,46	6,73	7,01	7,29
	16	4,93	5,21	5,49	5,77	6,05	6,33	6,61	6,89	7,17	7,45
	17	5,06	5,34	5,62	5,91	6,19	6,47	6,75	7,04	7,32	7,60
	18	5,18	5,47	5,76	6,04	6,33	6,62	6,90	7,19	7,48	7,76
	19	5,30	5,59	5,89	6,18	6,47	6,76	7,05	7,34	7,63	7,92
	20	5,42	5,72	6,02	6,32	6,61	6,91	7,20	7,50	7,79	8,09
	21	5,54	5,85	6,15	6,46	6,76	7,06	7,36	7,65	7,95	8,25
	22	5,67	5,98	6,29	6,60	6,90	7,21	7,51	7,81	8,11	8,42
	23	5,79	6,11	6,42	6,74	7,05	7,36	7,66	7,97	8,28	8,58

		Tmax - Tmin						EPE = 0,21 mm/dia*			
c		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	5,01	5,32	5,64	5,96	6,28	6,60	6,93	7,26	7,59	7,92
	15	5,15	5,47	5,79	6,11	6,44	6,77	7,10	7,43	7,77	8,11
	16	5,28	5,61	5,94	6,27	6,60	6,93	7,27	7,61	7,95	8,29
	17	5,42	5,75	6,09	6,42	6,76	7,10	7,44	7,78	8,13	8,47
	18	5,56	5,90	6,24	6,58	6,92	7,26	7,61	7,96	8,31	8,66
	19	5,70	6,04	6,39	6,73	7,08	7,43	7,78	8,13	8,49	8,84
	20	5,84	6,19	6,54	6,89	7,24	7,60	7,95	8,31	8,67	9,03
	21	5,97	6,33	6,69	7,05	7,41	7,77	8,13	8,49	8,85	9,22
	22	6,11	6,48	6,84	7,21	7,57	7,94	8,30	8,67	9,04	9,41
	23	6,26	6,63	7,00	7,37	7,74	8,11	8,48	8,85	9,22	9,60

		Tmax - Tmin						EPE = 0,25 mm/dia*			
d		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	5,51	5,90	6,29	6,69	7,10	7,51	7,93	8,35	8,78	9,22
	15	5,68	6,08	6,48	6,88	7,30	7,72	8,14	8,57	9,01	9,45
	16	5,85	6,25	6,66	7,08	7,50	7,92	8,35	8,79	9,24	9,69
	17	6,01	6,43	6,85	7,27	7,70	8,13	8,57	9,02	9,47	9,92
	18	6,18	6,60	7,03	7,46	7,90	8,34	8,79	9,24	9,70	10,16
	19	6,35	6,78	7,22	7,65	8,10	8,55	9,00	9,46	9,93	10,40
	20	6,52	6,96	7,40	7,85	8,30	8,76	9,22	9,68	10,16	10,63
	21	6,69	7,14	7,59	8,04	8,50	8,97	9,43	9,91	10,39	10,87
	22	6,86	7,32	7,77	8,24	8,70	9,18	9,65	10,13	10,62	11,11
	23	7,03	7,49	7,96	8,43	8,91	9,39	9,87	10,36	10,85	11,34

* Para sete dias.

Tabela 2b – Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Monte Azul, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,21 mm/dia*				
		a	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,47	2,59	2,70	2,82	2,93	3,05	3,16	3,28	3,39	3,51	
	8	2,54	2,66	2,78	2,89	3,01	3,13	3,24	3,36	3,48	3,59	
	9	2,61	2,73	2,85	2,97	3,09	3,21	3,32	3,44	3,56	3,68	
	10	2,68	2,80	2,93	3,05	3,17	3,29	3,41	3,53	3,65	3,76	
	11	2,75	2,88	3,00	3,12	3,24	3,37	3,49	3,61	3,73	3,85	
	12	2,82	2,95	3,08	3,20	3,32	3,45	3,57	3,69	3,82	3,94	
	13	2,90	3,02	3,15	3,28	3,40	3,53	3,66	3,78	3,90	4,03	
	14	2,97	3,10	3,23	3,36	3,49	3,61	3,74	3,87	3,99	4,12	
	15	3,04	3,17	3,31	3,44	3,57	3,70	3,83	3,96	4,08	4,21	
	16	3,12	3,25	3,39	3,52	3,65	3,78	3,91	4,04	4,17	4,30	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,28 mm/dia*				
		b	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	3,01	3,17	3,34	3,50	3,67	3,84	4,01	4,19	4,36	4,54	
	8	3,10	3,27	3,44	3,60	3,77	3,95	4,12	4,30	4,48	4,66	
	9	3,19	3,36	3,53	3,70	3,88	4,05	4,23	4,41	4,59	4,77	
	10	3,29	3,46	3,63	3,81	3,98	4,16	4,34	4,52	4,70	4,89	
	11	3,38	3,55	3,73	3,91	4,09	4,27	4,45	4,63	4,82	5,01	
	12	3,47	3,65	3,83	4,01	4,19	4,37	4,56	4,75	4,93	5,12	
	13	3,56	3,75	3,93	4,11	4,30	4,48	4,67	4,86	5,05	5,24	
	14	3,66	3,84	4,03	4,21	4,40	4,59	4,78	4,97	5,17	5,36	
	15	3,75	3,94	4,13	4,32	4,51	4,70	4,89	5,09	5,28	5,48	
	16	3,85	4,04	4,23	4,42	4,62	4,81	5,01	5,20	5,40	5,60	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,34 mm/dia*				
		c	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	3,45	3,65	3,85	4,06	4,28	4,49	4,71	4,94	5,17	5,40	
	8	3,56	3,77	3,97	4,19	4,40	4,62	4,85	5,08	5,31	5,55	
	9	3,67	3,88	4,10	4,31	4,53	4,76	4,99	5,22	5,45	5,69	
	10	3,78	4,00	4,22	4,44	4,66	4,89	5,12	5,36	5,60	5,84	
	11	3,90	4,12	4,34	4,56	4,79	5,02	5,26	5,50	5,74	5,99	
	12	4,01	4,23	4,46	4,69	4,92	5,16	5,40	5,64	5,88	6,13	
	13	4,12	4,35	4,58	4,82	5,05	5,29	5,53	5,78	6,03	6,28	
	14	4,24	4,47	4,70	4,94	5,18	5,43	5,67	5,92	6,17	6,43	
	15	4,35	4,59	4,83	5,07	5,31	5,56	5,81	6,06	6,32	6,58	
	16	4,47	4,71	4,95	5,20	5,44	5,70	5,95	6,21	6,46	6,73	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,43 mm/dia*				
		d	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	4,11	4,38	4,65	4,92	5,21	5,50	5,80	6,11	6,42	6,74	
	8	4,26	4,53	4,81	5,09	5,38	5,68	5,98	6,30	6,62	6,95	
	9	4,41	4,69	4,97	5,26	5,56	5,86	6,17	6,49	6,82	7,15	
	10	4,56	4,84	5,13	5,43	5,73	6,04	6,36	6,68	7,02	7,36	
	11	4,71	5,00	5,29	5,60	5,91	6,22	6,55	6,88	7,22	7,56	
	12	4,86	5,16	5,46	5,77	6,08	6,41	6,74	7,07	7,42	7,77	
	13	5,01	5,31	5,62	5,94	6,26	6,59	6,93	7,27	7,62	7,98	
	14	5,16	5,47	5,79	6,11	6,44	6,78	7,12	7,47	7,82	8,18	
	15	5,32	5,63	5,96	6,28	6,62	6,96	7,31	7,66	8,02	8,39	
	16	5,47	5,79	6,12	6,46	6,80	7,14	7,50	7,86	8,22	8,60	

* Para sete dias.

Tabela 3a – Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Araçuaí, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,35 mm/dia*			
a		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,11	4,35	4,58	4,81	5,04	5,27	5,50	5,72	5,95	6,17
	15	4,22	4,46	4,69	4,93	5,16	5,40	5,63	5,86	6,08	6,31
	16	4,32	4,57	4,81	5,05	5,29	5,52	5,76	5,99	6,22	6,45
	17	4,43	4,68	4,93	5,17	5,41	5,65	5,89	6,13	6,36	6,60
	18	4,54	4,79	5,05	5,30	5,54	5,79	6,03	6,27	6,51	6,74
	19	4,65	4,91	5,17	5,42	5,67	5,92	6,17	6,41	6,65	6,89
	20	4,76	5,03	5,29	5,55	5,80	6,06	6,31	6,55	6,80	7,05
	21	4,87	5,15	5,41	5,68	5,94	6,19	6,45	6,70	6,95	7,20
	22	4,99	5,27	5,54	5,81	6,07	6,33	6,59	6,85	7,11	7,36
	23	5,11	5,39	5,67	5,94	6,21	6,48	6,74	7,00	7,26	7,52

		Tmax - Tmin						EPE = 0,44 mm/dia*			
b		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,21	4,50	4,79	5,09	5,38	5,67	5,97	6,26	6,56	6,85
	15	4,32	4,62	4,92	5,22	5,52	5,82	6,11	6,41	6,71	7,02
	16	4,44	4,75	5,05	5,35	5,66	5,96	6,26	6,57	6,87	7,18
	17	4,56	4,87	5,18	5,49	5,80	6,11	6,42	6,72	7,03	7,34
	18	4,68	5,00	5,31	5,63	5,94	6,25	6,57	6,88	7,20	7,51
	19	4,80	5,12	5,44	5,76	6,08	6,40	6,72	7,04	7,36	7,68
	20	4,92	5,25	5,58	5,90	6,23	6,55	6,88	7,20	7,53	7,85
	21	5,04	5,38	5,71	6,05	6,38	6,71	7,04	7,37	7,69	8,02
	22	5,17	5,51	5,85	6,19	6,53	6,86	7,20	7,53	7,86	8,20
	23	5,30	5,64	5,99	6,34	6,68	7,02	7,36	7,70	8,04	8,38

		Tmax - Tmin						EPE = 0,51 mm/dia*			
c		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,29	4,63	4,97	5,32	5,66	6,01	6,37	6,72	7,08	7,44
	15	4,42	4,76	5,11	5,46	5,82	6,17	6,53	6,89	7,26	7,62
	16	4,54	4,90	5,25	5,61	5,97	6,33	6,70	7,07	7,44	7,81
	17	4,67	5,03	5,40	5,76	6,13	6,50	6,87	7,24	7,62	7,99
	18	4,80	5,17	5,54	5,91	6,29	6,66	7,04	7,42	7,80	8,18
	19	4,93	5,31	5,68	6,06	6,44	6,83	7,21	7,59	7,98	8,37
	20	5,06	5,45	5,83	6,22	6,60	6,99	7,38	7,77	8,16	8,56
	21	5,19	5,59	5,98	6,37	6,76	7,16	7,56	7,95	8,35	8,75
	22	5,33	5,73	6,13	6,53	6,93	7,33	7,73	8,13	8,54	8,95
	23	5,46	5,87	6,28	6,69	7,09	7,50	7,91	8,32	8,73	9,14

		Tmax - Tmin						EPE = 0,64 mm/dia*			
d		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,42	4,84	5,26	5,69	6,12	6,56	7,01	7,47	7,93	8,40
	15	4,56	4,99	5,42	5,86	6,30	6,75	7,21	7,67	8,15	8,62
	16	4,71	5,14	5,58	6,03	6,49	6,94	7,41	7,88	8,36	8,85
	17	4,85	5,30	5,75	6,21	6,67	7,14	7,61	8,09	8,58	9,07
	18	4,99	5,45	5,91	6,38	6,85	7,33	7,81	8,30	8,80	9,30
	19	5,14	5,61	6,08	6,56	7,04	7,52	8,02	8,52	9,02	9,53
	20	5,29	5,77	6,25	6,73	7,22	7,72	8,22	8,73	9,24	9,76
	21	5,44	5,93	6,42	6,91	7,41	7,92	8,43	8,94	9,46	9,99
	22	5,59	6,09	6,59	7,09	7,60	8,12	8,64	9,16	9,69	10,22
	23	5,74	6,25	6,76	7,28	7,79	8,32	8,85	9,38	9,91	10,45

* Para sete dias.

Tabela 3b – Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Araçuaí, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,16 mm/dia*				
		a	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,04	2,17	2,30	2,43	2,56	2,69	2,82	2,95	3,09	3,22	
	8	2,10	2,23	2,37	2,50	2,64	2,77	2,90	3,04	3,17	3,31	
	9	2,17	2,30	2,44	2,58	2,71	2,85	2,99	3,12	3,26	3,40	
	10	2,23	2,37	2,51	2,65	2,79	2,93	3,07	3,21	3,35	3,49	
	11	2,30	2,45	2,59	2,73	2,87	3,02	3,16	3,30	3,44	3,59	
	12	2,37	2,52	2,67	2,81	2,96	3,10	3,25	3,39	3,54	3,68	
	13	2,44	2,59	2,74	2,89	3,04	3,19	3,34	3,49	3,63	3,78	
	14	2,52	2,67	2,82	2,98	3,13	3,28	3,43	3,58	3,73	3,88	
	15	2,59	2,75	2,90	3,06	3,22	3,37	3,52	3,68	3,83	3,98	
	16	2,66	2,83	2,99	3,15	3,31	3,46	3,62	3,78	3,93	4,09	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,24 mm/dia*				
		b	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,21	2,39	2,57	2,76	2,95	3,14	3,34	3,53	3,73	3,93	
	8	2,28	2,47	2,66	2,85	3,04	3,24	3,43	3,63	3,84	4,04	
	9	2,36	2,55	2,74	2,94	3,13	3,33	3,54	3,74	3,94	4,15	
	10	2,43	2,63	2,83	3,03	3,23	3,43	3,64	3,84	4,05	4,27	
	11	2,51	2,71	2,91	3,12	3,32	3,53	3,74	3,95	4,16	4,38	
	12	2,59	2,79	3,00	3,21	3,42	3,63	3,84	4,06	4,28	4,50	
	13	2,67	2,88	3,09	3,30	3,52	3,73	3,95	4,17	4,39	4,61	
	14	2,75	2,96	3,18	3,40	3,62	3,84	4,06	4,28	4,51	4,73	
	15	2,83	3,05	3,27	3,50	3,72	3,94	4,17	4,40	4,62	4,85	
	16	2,92	3,14	3,37	3,59	3,82	4,05	4,28	4,51	4,74	4,98	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,31 mm/dia*				
		c	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,34	2,57	2,80	3,03	3,27	3,51	3,76	4,01	4,26	4,52	
	8	2,43	2,66	2,89	3,13	3,37	3,62	3,87	4,13	4,39	4,65	
	9	2,51	2,75	2,99	3,23	3,48	3,73	3,99	4,25	4,52	4,78	
	10	2,59	2,84	3,08	3,33	3,59	3,85	4,11	4,37	4,64	4,92	
	11	2,68	2,93	3,18	3,44	3,70	3,96	4,23	4,50	4,77	5,05	
	12	2,77	3,02	3,28	3,54	3,81	4,08	4,35	4,63	4,91	5,19	
	13	2,85	3,12	3,38	3,65	3,92	4,19	4,47	4,75	5,04	5,33	
	14	2,94	3,21	3,48	3,76	4,03	4,31	4,60	4,88	5,17	5,47	
	15	3,03	3,31	3,59	3,87	4,15	4,43	4,72	5,01	5,31	5,61	
	16	3,13	3,41	3,69	3,98	4,26	4,56	4,85	5,15	5,45	5,75	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,43 mm/dia*				
		d	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,55	2,84	3,14	3,45	3,76	4,08	4,41	4,74	5,09	5,44	
	8	2,65	2,95	3,25	3,57	3,89	4,22	4,55	4,90	5,25	5,61	
	9	2,75	3,05	3,37	3,69	4,02	4,36	4,70	5,05	5,41	5,78	
	10	2,84	3,16	3,48	3,82	4,15	4,50	4,85	5,21	5,58	5,96	
	11	2,94	3,27	3,60	3,94	4,29	4,64	5,00	5,37	5,75	6,13	
	12	3,05	3,38	3,72	4,07	4,42	4,79	5,15	5,53	5,91	6,31	
	13	3,15	3,49	3,84	4,20	4,56	4,93	5,31	5,69	6,08	6,48	
	14	3,25	3,61	3,96	4,33	4,70	5,08	5,46	5,86	6,25	6,66	
	15	3,36	3,72	4,09	4,46	4,84	5,23	5,62	6,02	6,43	6,84	
	16	3,47	3,84	4,21	4,60	4,98	5,38	5,78	6,19	6,60	7,02	

* Para sete dias.

Tabela 4a – Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Gov. Valadares, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,28 mm/dia*			
a		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,28	4,50	4,73	4,95	5,17	5,39	5,61	5,83	6,05	6,26
	15	4,38	4,62	4,84	5,07	5,30	5,52	5,74	5,96	6,18	6,40
	16	4,49	4,73	4,96	5,19	5,42	5,65	5,87	6,10	6,32	6,54
	17	4,60	4,84	5,08	5,31	5,55	5,78	6,00	6,23	6,46	6,68
	18	4,71	4,95	5,20	5,43	5,67	5,91	6,14	6,37	6,60	6,83
	19	4,82	5,07	5,31	5,56	5,80	6,04	6,27	6,51	6,74	6,97
	20	4,93	5,18	5,43	5,68	5,93	6,17	6,41	6,65	6,88	7,12
	21	5,04	5,30	5,56	5,81	6,06	6,30	6,55	6,79	7,03	7,27
	22	5,15	5,42	5,68	5,94	6,19	6,44	6,69	6,93	7,18	7,42
	23	5,27	5,54	5,80	6,07	6,32	6,58	6,83	7,08	7,33	7,58

		Tmax - Tmin						EPE = 0,35 mm/dia*			
b		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,57	4,85	5,13	5,41	5,70	5,98	6,26	6,55	6,84	7,12
	15	4,69	4,98	5,26	5,55	5,84	6,13	6,42	6,71	7,00	7,29
	16	4,81	5,11	5,40	5,69	5,98	6,28	6,57	6,86	7,16	7,45
	17	4,94	5,23	5,53	5,83	6,13	6,42	6,72	7,02	7,32	7,62
	18	5,06	5,36	5,67	5,97	6,27	6,57	6,88	7,18	7,48	7,78
	19	5,18	5,49	5,80	6,11	6,42	6,73	7,03	7,34	7,65	7,95
	20	5,31	5,63	5,94	6,25	6,57	6,88	7,19	7,50	7,81	8,12
	21	5,44	5,76	6,08	6,40	6,71	7,03	7,35	7,66	7,98	8,29
	22	5,56	5,89	6,22	6,54	6,86	7,19	7,51	7,83	8,15	8,47
	23	5,69	6,03	6,36	6,69	7,02	7,34	7,67	7,99	8,32	8,64

		Tmax - Tmin						EPE = 0,41 mm/dia*			
c		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,81	5,14	5,47	5,80	6,14	6,48	6,82	7,16	7,51	7,86
	15	4,95	5,28	5,62	5,96	6,30	6,65	6,99	7,34	7,69	8,05
	16	5,09	5,43	5,77	6,12	6,46	6,81	7,17	7,52	7,88	8,24
	17	5,22	5,57	5,92	6,27	6,63	6,98	7,34	7,70	8,07	8,43
	18	5,36	5,72	6,07	6,43	6,79	7,15	7,52	7,88	8,25	8,62
	19	5,50	5,86	6,23	6,59	6,96	7,32	7,69	8,07	8,44	8,82
	20	5,64	6,01	6,38	6,75	7,12	7,50	7,87	8,25	8,63	9,01
	21	5,78	6,16	6,53	6,91	7,29	7,67	8,05	8,43	8,82	9,20
	22	5,92	6,31	6,69	7,07	7,46	7,84	8,23	8,62	9,01	9,40
	23	6,07	6,46	6,85	7,24	7,63	8,02	8,41	8,81	9,20	9,60

		Tmax - Tmin						EPE = 0,52 mm/dia*			
d		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	5,20	5,60	6,01	6,43	6,85	7,28	7,71	8,15	8,60	9,06
	15	5,36	5,77	6,19	6,62	7,05	7,48	7,93	8,38	8,84	9,30
	16	5,52	5,94	6,37	6,81	7,25	7,69	8,14	8,60	9,07	9,54
	17	5,69	6,12	6,55	7,00	7,44	7,90	8,36	8,83	9,30	9,78
	18	5,85	6,29	6,74	7,19	7,65	8,11	8,58	9,05	9,53	10,02
	19	6,02	6,47	6,92	7,38	7,85	8,32	8,80	9,28	9,77	10,26
	20	6,18	6,64	7,11	7,58	8,05	8,53	9,01	9,50	10,00	10,50
	21	6,35	6,82	7,29	7,77	8,25	8,74	9,23	9,73	10,24	10,75
	22	6,52	7,00	7,48	7,97	8,46	8,95	9,45	9,96	10,47	10,99
	23	6,69	7,18	7,67	8,16	8,66	9,17	9,68	10,19	10,71	11,23

* Para sete dias.

Tabela 4b – Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Governador Valadares, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,22 mm/dia*				
		a	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,03	2,15	2,27	2,39	2,51	2,63	2,75	2,88	3,00	3,12	
	8	2,09	2,21	2,34	2,46	2,58	2,71	2,83	2,96	3,08	3,21	
	9	2,15	2,28	2,41	2,53	2,66	2,79	2,91	3,04	3,17	3,29	
	10	2,22	2,35	2,48	2,61	2,74	2,86	2,99	3,12	3,25	3,38	
	11	2,29	2,42	2,55	2,68	2,81	2,95	3,08	3,21	3,34	3,47	
	12	2,35	2,49	2,62	2,76	2,89	3,03	3,16	3,29	3,43	3,56	
	13	2,42	2,56	2,70	2,84	2,97	3,11	3,25	3,38	3,52	3,66	
	14	2,49	2,64	2,78	2,92	3,06	3,20	3,34	3,47	3,61	3,75	
	15	2,56	2,71	2,85	3,00	3,14	3,28	3,43	3,57	3,71	3,85	
	16	2,64	2,79	2,93	3,08	3,23	3,37	3,52	3,66	3,81	3,95	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,34 mm/dia*				
		b	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,32	2,49	2,66	2,84	3,02	3,20	3,38	3,57	3,76	3,95	
	8	2,39	2,57	2,75	2,93	3,11	3,30	3,48	3,67	3,87	4,06	
	9	2,47	2,65	2,83	3,02	3,20	3,39	3,58	3,78	3,97	4,17	
	10	2,55	2,73	2,92	3,11	3,30	3,49	3,69	3,88	4,08	4,28	
	11	2,63	2,82	3,01	3,20	3,39	3,59	3,79	3,99	4,19	4,39	
	12	2,71	2,90	3,10	3,29	3,49	3,69	3,89	4,10	4,30	4,51	
	13	2,79	2,99	3,19	3,39	3,59	3,79	4,00	4,20	4,41	4,62	
	14	2,87	3,07	3,28	3,48	3,69	3,90	4,10	4,32	4,53	4,74	
	15	2,95	3,16	3,37	3,58	3,79	4,00	4,21	4,43	4,64	4,86	
	16	3,04	3,25	3,46	3,68	3,89	4,11	4,32	4,54	4,76	4,98	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,39 mm/dia*				
		c	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,55	2,77	2,98	3,21	3,43	3,67	3,90	4,14	4,39	4,64	
	8	2,64	2,86	3,08	3,31	3,54	3,78	4,02	4,27	4,52	4,77	
	9	2,73	2,95	3,18	3,42	3,65	3,90	4,14	4,39	4,65	4,90	
	10	2,82	3,05	3,28	3,52	3,76	4,01	4,26	4,52	4,78	5,04	
	11	2,91	3,14	3,39	3,63	3,88	4,13	4,38	4,64	4,91	5,18	
	12	3,00	3,24	3,49	3,74	3,99	4,25	4,51	4,77	5,04	5,31	
	13	3,09	3,34	3,59	3,85	4,11	4,37	4,63	4,90	5,18	5,45	
	14	3,19	3,44	3,70	3,96	4,22	4,49	4,76	5,03	5,31	5,59	
	15	3,28	3,54	3,80	4,07	4,34	4,61	4,89	5,17	5,45	5,73	
	16	3,38	3,64	3,91	4,18	4,46	4,74	5,02	5,30	5,59	5,88	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,51 mm/dia*				
		d	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,91	3,19	3,47	3,77	4,07	4,38	4,70	5,02	5,36	5,70	
	8	3,01	3,30	3,60	3,90	4,21	4,53	4,85	5,19	5,53	5,88	
	9	3,12	3,42	3,72	4,03	4,35	4,68	5,01	5,35	5,70	6,06	
	10	3,23	3,54	3,85	4,17	4,49	4,83	5,17	5,52	5,88	6,24	
	11	3,34	3,66	3,98	4,30	4,64	4,98	5,33	5,69	6,05	6,42	
	12	3,46	3,78	4,11	4,44	4,78	5,13	5,49	5,85	6,23	6,61	
	13	3,57	3,90	4,24	4,58	4,93	5,29	5,65	6,02	6,40	6,79	
	14	3,69	4,02	4,37	4,72	5,08	5,44	5,82	6,20	6,58	6,98	
	15	3,80	4,15	4,50	4,86	5,23	5,60	5,98	6,37	6,76	7,16	
	16	3,92	4,28	4,64	5,01	5,38	5,76	6,15	6,54	6,94	7,35	

* Para sete dias.

Tabela 5a – Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Caratinga, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,27 mm/dia*			
a		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,31	4,54	4,77	5,00	5,23	5,45	5,67	5,89	6,12	6,33
	15	4,41	4,65	4,88	5,12	5,35	5,58	5,80	6,03	6,25	6,47
	16	4,52	4,76	5,00	5,24	5,47	5,70	5,93	6,16	6,39	6,61
	17	4,63	4,87	5,12	5,36	5,59	5,83	6,06	6,30	6,53	6,75
	18	4,73	4,99	5,23	5,48	5,72	5,96	6,20	6,43	6,66	6,90
	19	4,84	5,10	5,35	5,60	5,85	6,09	6,33	6,57	6,81	7,04
	20	4,95	5,21	5,47	5,72	5,97	6,22	6,47	6,71	6,95	7,19
	21	5,07	5,33	5,59	5,85	6,10	6,36	6,61	6,85	7,10	7,34
	22	5,18	5,45	5,72	5,98	6,24	6,49	6,75	7,00	7,25	7,49
	23	5,29	5,57	5,84	6,11	6,37	6,63	6,89	7,14	7,40	7,65

		Tmax - Tmin						EPE = 0,33 mm/dia*			
b		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,50	4,79	5,08	5,36	5,65	5,94	6,22	6,51	6,80	7,09
	15	4,62	4,91	5,21	5,50	5,79	6,08	6,37	6,66	6,96	7,25
	16	4,74	5,04	5,34	5,63	5,93	6,23	6,52	6,82	7,12	7,41
	17	4,86	5,17	5,47	5,77	6,07	6,37	6,67	6,97	7,27	7,58
	18	4,98	5,29	5,60	5,91	6,21	6,52	6,82	7,13	7,43	7,74
	19	5,10	5,42	5,73	6,05	6,36	6,67	6,98	7,29	7,60	7,91
	20	5,23	5,55	5,87	6,19	6,50	6,82	7,13	7,45	7,76	8,07
	21	5,35	5,68	6,00	6,33	6,65	6,97	7,29	7,61	7,92	8,24
	22	5,48	5,81	6,14	6,47	6,80	7,12	7,45	7,77	8,09	8,41
	23	5,60	5,94	6,28	6,61	6,94	7,28	7,60	7,93	8,26	8,59

		Tmax - Tmin						EPE = 0,39 mm/dia*			
c		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,67	5,00	5,34	5,67	6,01	6,35	6,69	7,04	7,39	7,74
	15	4,80	5,14	5,48	5,82	6,17	6,51	6,86	7,21	7,57	7,92
	16	4,93	5,28	5,63	5,97	6,32	6,68	7,03	7,39	7,75	8,11
	17	5,06	5,42	5,77	6,13	6,48	6,84	7,20	7,56	7,93	8,30
	18	5,20	5,56	5,92	6,28	6,64	7,01	7,37	7,74	8,11	8,48
	19	5,33	5,70	6,07	6,43	6,80	7,17	7,54	7,92	8,29	8,67
	20	5,47	5,84	6,21	6,59	6,96	7,34	7,72	8,10	8,48	8,86
	21	5,60	5,98	6,36	6,74	7,13	7,51	7,89	8,28	8,66	9,05
	22	5,74	6,13	6,51	6,90	7,29	7,68	8,07	8,46	8,85	9,24
	23	5,88	6,27	6,67	7,06	7,45	7,85	8,24	8,64	9,04	9,43

		Tmax - Tmin						EPE = 0,48 mm/dia*			
d		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,93	5,34	5,75	6,17	6,59	7,02	7,46	7,90	8,35	8,81
	15	5,08	5,50	5,92	6,35	6,78	7,22	7,66	8,11	8,57	9,04
	16	5,24	5,66	6,09	6,53	6,97	7,42	7,87	8,33	8,79	9,26
	17	5,39	5,83	6,27	6,71	7,16	7,62	8,08	8,54	9,02	9,49
	18	5,55	5,99	6,44	6,89	7,35	7,81	8,28	8,76	9,24	9,72
	19	5,70	6,16	6,61	7,08	7,54	8,01	8,49	8,97	9,46	9,95
	20	5,86	6,32	6,79	7,26	7,74	8,22	8,70	9,19	9,69	10,19
	21	6,02	6,49	6,96	7,44	7,93	8,42	8,91	9,41	9,91	10,42
	22	6,17	6,66	7,14	7,63	8,12	8,62	9,12	9,63	10,14	10,65
	23	6,33	6,83	7,32	7,82	8,32	8,82	9,33	9,85	10,36	10,89

* Para sete dias.

Tabela 5b – Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Caratinga, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,15 mm/dia*				
		a	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	1,91	2,03	2,15	2,28	2,40	2,53	2,65	2,78	2,90	3,03	
	8	1,97	2,09	2,22	2,35	2,48	2,60	2,73	2,86	2,98	3,11	
	9	2,03	2,16	2,29	2,42	2,55	2,68	2,81	2,94	3,07	3,20	
	10	2,09	2,23	2,36	2,49	2,62	2,76	2,89	3,02	3,15	3,28	
	11	2,16	2,29	2,43	2,57	2,70	2,84	2,97	3,11	3,24	3,37	
	12	2,22	2,36	2,50	2,64	2,78	2,92	3,05	3,19	3,33	3,47	
	13	2,29	2,43	2,58	2,72	2,86	3,00	3,14	3,28	3,42	3,56	
	14	2,36	2,51	2,65	2,80	2,94	3,08	3,23	3,37	3,51	3,66	
	15	2,43	2,58	2,73	2,88	3,03	3,17	3,32	3,46	3,61	3,75	
	16	2,50	2,66	2,81	2,96	3,11	3,26	3,41	3,56	3,71	3,86	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,22 mm/dia*				
		b	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,06	2,24	2,42	2,60	2,78	2,96	3,15	3,34	3,53	3,72	
	8	2,13	2,31	2,49	2,68	2,86	3,05	3,24	3,43	3,63	3,82	
	9	2,20	2,39	2,57	2,76	2,95	3,14	3,34	3,53	3,73	3,93	
	10	2,27	2,46	2,65	2,85	3,04	3,24	3,43	3,63	3,83	4,04	
	11	2,35	2,54	2,73	2,93	3,13	3,33	3,53	3,73	3,94	4,14	
	12	2,42	2,62	2,82	3,02	3,22	3,42	3,63	3,84	4,04	4,25	
	13	2,49	2,70	2,90	3,11	3,31	3,52	3,73	3,94	4,15	4,37	
	14	2,57	2,78	2,99	3,20	3,41	3,62	3,83	4,05	4,26	4,48	
	15	2,65	2,86	3,07	3,29	3,50	3,72	3,94	4,15	4,37	4,59	
	16	2,73	2,94	3,16	3,38	3,60	3,82	4,04	4,26	4,49	4,71	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,28 mm/dia*				
		c	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,19	2,41	2,63	2,86	3,09	3,32	3,56	3,80	4,05	4,30	
	8	2,27	2,49	2,72	2,95	3,18	3,42	3,67	3,91	4,17	4,42	
	9	2,34	2,57	2,81	3,04	3,28	3,53	3,78	4,03	4,29	4,55	
	10	2,42	2,66	2,90	3,14	3,39	3,64	3,89	4,15	4,41	4,67	
	11	2,50	2,74	2,99	3,24	3,49	3,74	4,00	4,26	4,53	4,80	
	12	2,58	2,83	3,08	3,33	3,59	3,85	4,12	4,38	4,65	4,93	
	13	2,66	2,92	3,17	3,43	3,70	3,96	4,23	4,50	4,78	5,06	
	14	2,75	3,01	3,27	3,54	3,80	4,07	4,35	4,63	4,91	5,19	
	15	2,83	3,10	3,37	3,64	3,91	4,19	4,47	4,75	5,04	5,32	
	16	2,92	3,19	3,47	3,74	4,02	4,30	4,59	4,88	5,17	5,46	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,38 mm/dia*				
		d	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,38	2,67	2,96	3,26	3,56	3,87	4,19	4,52	4,86	5,20	
	8	2,47	2,76	3,06	3,37	3,68	4,00	4,33	4,67	5,01	5,36	
	9	2,56	2,86	3,17	3,48	3,80	4,13	4,47	4,81	5,16	5,52	
	10	2,65	2,96	3,28	3,60	3,93	4,27	4,61	4,96	5,32	5,69	
	11	2,75	3,06	3,39	3,72	4,06	4,40	4,75	5,11	5,48	5,85	
	12	2,84	3,17	3,50	3,84	4,18	4,54	4,90	5,26	5,64	6,02	
	13	2,94	3,27	3,61	3,96	4,31	4,67	5,04	5,42	5,80	6,18	
	14	3,03	3,38	3,73	4,08	4,44	4,81	5,19	5,57	5,96	6,35	
	15	3,13	3,48	3,84	4,21	4,58	4,95	5,34	5,73	6,12	6,52	
	16	3,23	3,59	3,96	4,33	4,71	5,09	5,49	5,88	6,29	6,70	

* Para sete dias.

Tabela 6a – Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Caparaó, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,19 mm/dia*				
		a	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,22	4,47	4,71	4,95	5,18	5,42	5,65	5,88	6,12	6,34	
	15	4,33	4,58	4,82	5,07	5,31	5,55	5,78	6,02	6,25	6,49	
	16	4,44	4,69	4,94	5,19	5,43	5,68	5,92	6,16	6,39	6,63	
	17	4,54	4,80	5,06	5,31	5,56	5,81	6,05	6,29	6,54	6,77	
	18	4,65	4,92	5,18	5,43	5,69	5,94	6,19	6,43	6,68	6,92	
	19	4,76	5,03	5,30	5,56	5,82	6,07	6,33	6,58	6,82	7,07	
	20	4,88	5,15	5,42	5,69	5,95	6,21	6,47	6,72	6,97	7,22	
	21	4,99	5,27	5,54	5,81	6,08	6,35	6,61	6,87	7,12	7,38	
	22	5,10	5,39	5,67	5,95	6,22	6,49	6,75	7,02	7,28	7,54	
	23	5,22	5,51	5,80	6,08	6,36	6,63	6,90	7,17	7,44	7,70	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,25 mm/dia*				
		b	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,23	4,53	4,83	5,13	5,43	5,72	6,02	6,32	6,62	6,92	
	15	4,35	4,65	4,96	5,26	5,56	5,87	6,17	6,47	6,78	7,08	
	16	4,46	4,77	5,08	5,39	5,70	6,01	6,32	6,63	6,94	7,24	
	17	4,58	4,90	5,21	5,53	5,84	6,15	6,47	6,78	7,09	7,41	
	18	4,70	5,02	5,34	5,66	5,98	6,30	6,62	6,94	7,25	7,57	
	19	4,82	5,15	5,47	5,80	6,12	6,45	6,77	7,09	7,42	7,74	
	20	4,94	5,27	5,61	5,94	6,27	6,60	6,93	7,25	7,58	7,91	
	21	5,06	5,40	5,74	6,08	6,41	6,75	7,08	7,42	7,75	8,08	
	22	5,18	5,53	5,88	6,22	6,56	6,90	7,24	7,58	7,92	8,25	
	23	5,30	5,66	6,01	6,36	6,71	7,06	7,40	7,75	8,09	8,43	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,30 mm/dia*				
		c	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,24	4,58	4,93	5,28	5,63	5,98	6,34	6,70	7,06	7,42	
	15	4,36	4,71	5,07	5,42	5,78	6,14	6,50	6,87	7,23	7,60	
	16	4,48	4,84	5,21	5,57	5,93	6,30	6,67	7,04	7,41	7,78	
	17	4,61	4,98	5,34	5,71	6,08	6,46	6,83	7,21	7,58	7,96	
	18	4,73	5,11	5,48	5,86	6,24	6,62	7,00	7,38	7,76	8,15	
	19	4,86	5,24	5,63	6,01	6,39	6,78	7,16	7,55	7,94	8,33	
	20	4,99	5,38	5,77	6,16	6,55	6,94	7,33	7,73	8,12	8,52	
	21	5,12	5,51	5,91	6,31	6,71	7,10	7,50	7,90	8,30	8,70	
	22	5,25	5,65	6,06	6,46	6,87	7,27	7,68	8,08	8,49	8,89	
	23	5,38	5,79	6,21	6,62	7,03	7,44	7,85	8,26	8,67	9,09	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,39 mm/dia*				
		d	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,25	4,67	5,10	5,53	5,96	6,41	6,86	7,31	7,77	8,24	
	15	4,38	4,81	5,25	5,69	6,14	6,59	7,05	7,51	7,98	8,46	
	16	4,52	4,96	5,40	5,86	6,31	6,77	7,24	7,71	8,19	8,67	
	17	4,65	5,11	5,56	6,02	6,49	6,96	7,43	7,91	8,40	8,89	
	18	4,79	5,25	5,72	6,19	6,66	7,14	7,63	8,11	8,61	9,11	
	19	4,93	5,40	5,88	6,36	6,84	7,33	7,82	8,32	8,82	9,33	
	20	5,07	5,55	6,04	6,53	7,02	7,52	8,02	8,52	9,03	9,55	
	21	5,22	5,71	6,20	6,70	7,20	7,71	8,22	8,73	9,25	9,77	
	22	5,36	5,86	6,37	6,87	7,38	7,90	8,42	8,94	9,47	10,00	
	23	5,51	6,02	6,53	7,05	7,57	8,09	8,62	9,15	9,68	10,22	

* Para sete dias.

Tabela 6b – Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Caparaó, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,15 mm/dia*			
a		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	1,78	1,91	2,03	2,16	2,29	2,42	2,55	2,68	2,80	2,93
	8	1,84	1,97	2,10	2,23	2,36	2,49	2,62	2,75	2,89	3,02
	9	1,90	2,03	2,17	2,30	2,43	2,57	2,70	2,84	2,97	3,10
	10	1,96	2,10	2,23	2,37	2,51	2,65	2,78	2,92	3,05	3,19
	11	2,02	2,16	2,30	2,44	2,58	2,72	2,86	3,00	3,14	3,28
	12	2,09	2,23	2,38	2,52	2,66	2,81	2,95	3,09	3,23	3,37
	13	2,15	2,30	2,45	2,60	2,74	2,89	3,03	3,18	3,32	3,47
	14	2,22	2,37	2,52	2,68	2,83	2,97	3,12	3,27	3,42	3,57
	15	2,29	2,45	2,60	2,76	2,91	3,06	3,21	3,37	3,52	3,67
	16	2,36	2,52	2,68	2,84	3,00	3,15	3,31	3,46	3,62	3,77

		Tmax - Tmin						EPE = 0,23 mm/dia*			
b		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	1,80	1,99	2,17	2,35	2,54	2,73	2,92	3,11	3,31	3,50
	8	1,87	2,05	2,24	2,43	2,62	2,81	3,01	3,20	3,40	3,60
	9	1,93	2,12	2,31	2,51	2,70	2,90	3,10	3,30	3,50	3,71
	10	2,00	2,19	2,39	2,59	2,79	2,99	3,19	3,39	3,60	3,81
	11	2,06	2,26	2,46	2,67	2,87	3,08	3,28	3,49	3,70	3,91
	12	2,13	2,34	2,54	2,75	2,96	3,17	3,38	3,59	3,81	4,02
	13	2,20	2,41	2,62	2,83	3,05	3,26	3,48	3,69	3,91	4,13
	14	2,27	2,49	2,70	2,92	3,14	3,36	3,58	3,80	4,02	4,24
	15	2,35	2,57	2,79	3,01	3,23	3,45	3,68	3,90	4,13	4,36
	16	2,42	2,65	2,87	3,10	3,33	3,55	3,78	4,01	4,24	4,47

		Tmax - Tmin						EPE = 0,30 mm/dia*			
c		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	1,83	2,05	2,28	2,51	2,74	2,98	3,23	3,47	3,72	3,98
	8	1,89	2,12	2,36	2,59	2,83	3,08	3,33	3,58	3,83	4,09
	9	1,96	2,20	2,44	2,68	2,93	3,18	3,43	3,69	3,95	4,21
	10	2,03	2,27	2,52	2,77	3,02	3,27	3,53	3,80	4,06	4,33
	11	2,10	2,35	2,60	2,85	3,11	3,37	3,64	3,91	4,18	4,45
	12	2,17	2,43	2,68	2,94	3,21	3,47	3,74	4,02	4,29	4,57
	13	2,24	2,51	2,77	3,04	3,31	3,58	3,85	4,13	4,41	4,70
	14	2,32	2,59	2,86	3,13	3,41	3,68	3,96	4,25	4,54	4,83
	15	2,40	2,67	2,95	3,23	3,51	3,79	4,08	4,37	4,66	4,95
	16	2,48	2,76	3,04	3,32	3,61	3,90	4,19	4,49	4,78	5,08

		Tmax - Tmin						EPE = 0,41 mm/dia*			
d		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	1,86	2,15	2,45	2,75	3,06	3,38	3,70	4,04	4,38	4,73
	8	1,93	2,23	2,54	2,85	3,17	3,49	3,83	4,17	4,52	4,87
	9	2,00	2,31	2,63	2,95	3,27	3,61	3,95	4,30	4,66	5,02
	10	2,08	2,40	2,72	3,05	3,38	3,73	4,08	4,43	4,80	5,17
	11	2,15	2,48	2,81	3,15	3,49	3,85	4,20	4,57	4,94	5,32
	12	2,23	2,57	2,91	3,25	3,61	3,97	4,33	4,71	5,09	5,47
	13	2,31	2,66	3,00	3,36	3,72	4,09	4,46	4,85	5,23	5,63
	14	2,39	2,75	3,10	3,47	3,84	4,21	4,60	4,99	5,38	5,78
	15	2,48	2,84	3,20	3,58	3,96	4,34	4,73	5,13	5,53	5,94
	16	2,56	2,93	3,31	3,69	4,08	4,47	4,87	5,27	5,68	6,10

* Para sete dias.

Tabela 7a – Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Conceição do Mato Dentro, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,35 mm/dia*				
		a	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,26	4,50	4,73	4,96	5,19	5,42	5,64	5,86	6,09	6,31	
	15	4,37	4,61	4,85	5,08	5,31	5,54	5,77	6,00	6,22	6,45	
	16	4,48	4,72	4,96	5,20	5,43	5,67	5,90	6,13	6,36	6,59	
	17	4,58	4,83	5,08	5,32	5,56	5,80	6,03	6,27	6,50	6,73	
	18	4,69	4,94	5,19	5,44	5,68	5,93	6,17	6,40	6,64	6,87	
	19	4,80	5,06	5,31	5,56	5,81	6,06	6,30	6,54	6,78	7,02	
	20	4,91	5,17	5,43	5,69	5,94	6,19	6,44	6,68	6,92	7,17	
	21	5,02	5,29	5,55	5,81	6,07	6,33	6,58	6,83	7,07	7,32	
	22	5,14	5,41	5,68	5,94	6,20	6,46	6,72	6,97	7,22	7,47	
	23	5,25	5,53	5,80	6,07	6,34	6,60	6,86	7,12	7,37	7,63	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,44 mm/dia*				
		b	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,42	4,70	4,99	5,28	5,57	5,86	6,15	6,44	6,73	7,02	
	15	4,53	4,83	5,12	5,42	5,71	6,00	6,30	6,59	6,89	7,18	
	16	4,65	4,95	5,25	5,55	5,85	6,15	6,45	6,74	7,04	7,34	
	17	4,77	5,08	5,38	5,69	5,99	6,29	6,60	6,90	7,20	7,51	
	18	4,89	5,20	5,51	5,82	6,13	6,44	6,75	7,05	7,36	7,67	
	19	5,01	5,33	5,64	5,96	6,27	6,59	6,90	7,21	7,52	7,84	
	20	5,13	5,46	5,78	6,10	6,42	6,74	7,05	7,37	7,69	8,00	
	21	5,26	5,59	5,91	6,24	6,56	6,89	7,21	7,53	7,85	8,17	
	22	5,38	5,72	6,05	6,38	6,71	7,04	7,37	7,69	8,02	8,34	
	23	5,50	5,85	6,19	6,52	6,86	7,19	7,53	7,86	8,19	8,52	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,59 mm/dia*				
		c	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,54	4,88	5,21	5,55	5,89	6,24	6,58	6,93	7,28	7,64	
	15	4,67	5,01	5,36	5,70	6,05	6,40	6,75	7,10	7,46	7,82	
	16	4,80	5,15	5,50	5,85	6,20	6,56	6,92	7,28	7,64	8,00	
	17	4,93	5,29	5,64	6,00	6,36	6,72	7,08	7,45	7,82	8,19	
	18	5,06	5,42	5,79	6,15	6,52	6,89	7,25	7,62	8,00	8,37	
	19	5,19	5,56	5,93	6,30	6,68	7,05	7,42	7,80	8,18	8,56	
	20	5,33	5,70	6,08	6,46	6,84	7,22	7,60	7,98	8,36	8,75	
	21	5,46	5,84	6,23	6,61	7,00	7,38	7,77	8,16	8,54	8,93	
	22	5,59	5,99	6,38	6,77	7,16	7,55	7,94	8,34	8,73	9,13	
	23	5,73	6,13	6,53	6,93	7,32	7,72	8,12	8,52	8,92	9,32	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,66 mm/dia*				
		d	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,75	5,16	5,57	5,99	6,42	6,85	7,29	7,73	8,19	8,65	
	15	4,89	5,31	5,74	6,17	6,60	7,04	7,49	7,94	8,40	8,87	
	16	5,04	5,47	5,90	6,34	6,79	7,24	7,69	8,15	8,62	9,10	
	17	5,19	5,63	6,07	6,52	6,97	7,43	7,89	8,36	8,84	9,32	
	18	5,34	5,79	6,24	6,70	7,16	7,63	8,10	8,58	9,06	9,55	
	19	5,49	5,95	6,41	6,88	7,35	7,82	8,30	8,79	9,28	9,78	
	20	5,64	6,11	6,58	7,06	7,54	8,02	8,51	9,00	9,50	10,00	
	21	5,80	6,27	6,75	7,24	7,73	8,22	8,72	9,22	9,72	10,23	
	22	5,95	6,44	6,93	7,42	7,92	8,42	8,92	9,43	9,95	10,46	
	23	6,11	6,60	7,10	7,60	8,11	8,62	9,13	9,65	10,17	10,70	

* Para sete dias.

Tabela 7b – Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Conceição do Mato Dentro, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,24 mm/dia*				
		a	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	1,89	2,02	2,15	2,28	2,41	2,54	2,67	2,80	2,93	3,06	
	8	1,95	2,08	2,22	2,35	2,48	2,61	2,74	2,88	3,01	3,14	
	9	2,01	2,15	2,28	2,42	2,55	2,69	2,82	2,96	3,09	3,23	
	10	2,08	2,22	2,35	2,49	2,63	2,77	2,91	3,04	3,18	3,32	
	11	2,14	2,28	2,43	2,57	2,71	2,85	2,99	3,13	3,27	3,41	
	12	2,21	2,35	2,50	2,64	2,79	2,93	3,08	3,22	3,36	3,50	
	13	2,28	2,43	2,57	2,72	2,87	3,02	3,16	3,31	3,45	3,60	
	14	2,35	2,50	2,65	2,80	2,95	3,10	3,25	3,40	3,55	3,70	
	15	2,42	2,57	2,73	2,89	3,04	3,19	3,35	3,50	3,65	3,80	
	16	2,49	2,65	2,81	2,97	3,13	3,28	3,44	3,60	3,75	3,91	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,35 mm/dia*				
		b	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	1,98	2,16	2,34	2,53	2,71	2,90	3,09	3,29	3,48	3,68	
	8	2,04	2,23	2,42	2,61	2,80	2,99	3,19	3,38	3,58	3,79	
	9	2,11	2,30	2,49	2,69	2,88	3,08	3,28	3,48	3,69	3,89	
	10	2,18	2,38	2,57	2,77	2,97	3,17	3,38	3,58	3,79	4,00	
	11	2,25	2,45	2,65	2,86	3,06	3,27	3,47	3,68	3,89	4,11	
	12	2,32	2,53	2,74	2,94	3,15	3,36	3,57	3,79	4,00	4,22	
	13	2,40	2,61	2,82	3,03	3,24	3,46	3,67	3,89	4,11	4,33	
	14	2,47	2,69	2,90	3,12	3,34	3,56	3,78	4,00	4,22	4,45	
	15	2,55	2,77	2,99	3,21	3,43	3,66	3,88	4,11	4,33	4,56	
	16	2,63	2,85	3,08	3,31	3,53	3,76	3,99	4,22	4,45	4,68	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,46 mm/dia*				
		c	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,05	2,27	2,50	2,73	2,97	3,20	3,45	3,70	3,95	4,20	
	8	2,12	2,35	2,58	2,82	3,06	3,31	3,56	3,81	4,07	4,33	
	9	2,19	2,43	2,67	2,91	3,16	3,41	3,66	3,92	4,18	4,45	
	10	2,27	2,51	2,76	3,00	3,26	3,51	3,77	4,04	4,30	4,57	
	11	2,34	2,59	2,84	3,10	3,36	3,62	3,88	4,15	4,42	4,70	
	12	2,42	2,68	2,93	3,19	3,46	3,73	4,00	4,27	4,55	4,83	
	13	2,50	2,76	3,03	3,29	3,56	3,83	4,11	4,39	4,67	4,96	
	14	2,58	2,85	3,12	3,39	3,67	3,95	4,23	4,51	4,80	5,09	
	15	2,66	2,94	3,21	3,49	3,77	4,06	4,34	4,63	4,93	5,22	
	16	2,75	3,03	3,31	3,60	3,88	4,17	4,46	4,76	5,06	5,36	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,62 mm/dia*				
		d	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,15	2,44	2,74	3,04	3,35	3,67	4,00	4,33	4,67	5,02	
	8	2,23	2,53	2,84	3,15	3,47	3,80	4,13	4,47	4,82	5,18	
	9	2,32	2,62	2,94	3,26	3,59	3,92	4,26	4,61	4,97	5,34	
	10	2,40	2,72	3,04	3,37	3,70	4,05	4,40	4,76	5,12	5,49	
	11	2,49	2,81	3,14	3,48	3,83	4,18	4,54	4,90	5,27	5,65	
	12	2,57	2,91	3,25	3,59	3,95	4,31	4,67	5,05	5,43	5,82	
	13	2,66	3,01	3,35	3,71	4,07	4,44	4,81	5,20	5,58	5,98	
	14	2,75	3,11	3,46	3,83	4,20	4,57	4,96	5,35	5,74	6,14	
	15	2,85	3,21	3,57	3,95	4,32	4,71	5,10	5,50	5,90	6,31	
	16	2,94	3,31	3,68	4,07	4,45	4,85	5,24	5,65	6,06	6,48	

* Para sete dias.

Tabela 8a – Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de São Lourenço, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,19 mm/dia*				
		a	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,32	4,57	4,81	5,04	5,28	5,51	5,74	5,97	6,19	6,42	
	15	4,43	4,68	4,92	5,16	5,40	5,63	5,87	6,10	6,33	6,56	
	16	4,54	4,79	5,04	5,28	5,52	5,76	6,00	6,24	6,47	6,70	
	17	4,65	4,90	5,15	5,40	5,65	5,89	6,13	6,37	6,61	6,85	
	18	4,75	5,01	5,27	5,52	5,77	6,02	6,27	6,51	6,75	6,99	
	19	4,86	5,13	5,39	5,65	5,90	6,15	6,40	6,65	6,89	7,14	
	20	4,97	5,24	5,51	5,77	6,03	6,29	6,54	6,79	7,04	7,29	
	21	5,09	5,36	5,63	5,90	6,16	6,42	6,68	6,94	7,19	7,44	
	22	5,20	5,48	5,76	6,03	6,30	6,56	6,82	7,08	7,34	7,59	
	23	5,32	5,60	5,88	6,16	6,43	6,70	6,97	7,23	7,49	7,75	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,25 mm/dia*				
		b	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,40	4,70	4,99	5,29	5,58	5,87	6,17	6,46	6,76	7,05	
	15	4,52	4,82	5,12	5,42	5,72	6,02	6,31	6,61	6,91	7,21	
	16	4,63	4,94	5,25	5,55	5,86	6,16	6,46	6,77	7,07	7,37	
	17	4,75	5,07	5,38	5,69	6,00	6,30	6,61	6,92	7,23	7,54	
	18	4,87	5,19	5,51	5,82	6,14	6,45	6,76	7,08	7,39	7,70	
	19	4,99	5,32	5,64	5,96	6,28	6,60	6,92	7,23	7,55	7,87	
	20	5,11	5,44	5,77	6,10	6,42	6,75	7,07	7,39	7,71	8,03	
	21	5,23	5,57	5,91	6,24	6,57	6,90	7,22	7,55	7,88	8,20	
	22	5,36	5,70	6,04	6,38	6,72	7,05	7,38	7,71	8,04	8,37	
	23	5,48	5,83	6,18	6,52	6,86	7,20	7,54	7,88	8,21	8,55	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,29 mm/dia*				
		c	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,47	4,81	5,15	5,49	5,84	6,19	6,54	6,89	7,24	7,60	
	15	4,59	4,94	5,29	5,64	5,99	6,34	6,70	7,06	7,42	7,78	
	16	4,72	5,07	5,43	5,79	6,14	6,50	6,87	7,23	7,59	7,96	
	17	4,85	5,21	5,57	5,93	6,30	6,66	7,03	7,40	7,77	8,14	
	18	4,97	5,34	5,71	6,08	6,45	6,83	7,20	7,57	7,95	8,33	
	19	5,10	5,48	5,86	6,23	6,61	6,99	7,37	7,75	8,13	8,51	
	20	5,23	5,62	6,00	6,38	6,77	7,15	7,54	7,92	8,31	8,70	
	21	5,36	5,76	6,15	6,54	6,93	7,32	7,71	8,10	8,49	8,89	
	22	5,50	5,90	6,29	6,69	7,09	7,48	7,88	8,28	8,68	9,07	
	23	5,63	6,04	6,44	6,84	7,25	7,65	8,05	8,46	8,86	9,27	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,37 mm/dia*				
		d	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,57	4,98	5,40	5,83	6,26	6,70	7,14	7,59	8,04	8,50	
	15	4,71	5,13	5,56	6,00	6,44	6,88	7,33	7,79	8,25	8,72	
	16	4,85	5,29	5,72	6,17	6,62	7,07	7,53	7,99	8,46	8,94	
	17	5,00	5,44	5,89	6,34	6,80	7,26	7,73	8,20	8,68	9,16	
	18	5,14	5,59	6,05	6,51	6,98	7,45	7,92	8,41	8,89	9,38	
	19	5,29	5,75	6,22	6,69	7,16	7,64	8,12	8,61	9,11	9,60	
	20	5,43	5,90	6,38	6,86	7,34	7,83	8,32	8,82	9,32	9,83	
	21	5,58	6,06	6,55	7,04	7,53	8,03	8,53	9,03	9,54	10,05	
	22	5,73	6,22	6,72	7,21	7,72	8,22	8,73	9,24	9,76	10,28	
	23	5,88	6,38	6,89	7,39	7,90	8,42	8,93	9,45	9,98	10,50	

* Para sete dias.

Tabela 8b – Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de São Lourenço, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,16 mm/dia*			
a		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7			1,86	1,99	2,12	2,25	2,38	2,51	2,64	2,77
	8			1,92	2,06	2,19	2,32	2,45	2,59	2,72	2,85
	9			1,99	2,12	2,26	2,39	2,53	2,67	2,80	2,94
	10			2,05	2,19	2,33	2,47	2,61	2,75	2,89	3,02
	11			2,12	2,26	2,41	2,55	2,69	2,83	2,97	3,11
	12			2,19	2,34	2,48	2,63	2,77	2,92	3,06	3,21
	13			2,26	2,41	2,56	2,71	2,86	3,01	3,15	3,30
	14			2,34	2,49	2,64	2,80	2,95	3,10	3,25	3,40
	15			2,41	2,57	2,73	2,88	3,04	3,19	3,35	3,50
	16			2,49	2,65	2,82	2,97	3,13	3,29	3,45	3,61
		Tmax - Tmin						EPE = 0,23 mm/dia*			
b		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7			1,88	2,07	2,26	2,45	2,64	2,84	3,04	3,24
	8			1,95	2,14	2,34	2,53	2,73	2,93	3,13	3,33
	9			2,02	2,21	2,41	2,61	2,81	3,02	3,22	3,43
	10			2,09	2,29	2,49	2,70	2,90	3,11	3,32	3,53
	11			2,16	2,36	2,57	2,78	2,99	3,20	3,42	3,63
	12			2,23	2,44	2,65	2,87	3,08	3,30	3,52	3,73
	13			2,31	2,52	2,74	2,96	3,18	3,40	3,62	3,84
	14			2,38	2,60	2,83	3,05	3,27	3,50	3,72	3,95
	15			2,46	2,69	2,92	3,14	3,37	3,60	3,83	4,06
	16			2,54	2,78	3,01	3,24	3,47	3,71	3,94	4,18
		Tmax - Tmin						EPE = 0,30 mm/dia*			
c		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7			1,90	2,14	2,38	2,62	2,86	3,11	3,37	3,63
	8			1,97	2,21	2,46	2,71	2,96	3,21	3,47	3,74
	9			2,04	2,29	2,54	2,79	3,05	3,31	3,58	3,85
	10			2,11	2,37	2,62	2,88	3,15	3,41	3,68	3,96
	11			2,19	2,45	2,71	2,98	3,24	3,52	3,79	4,07
	12			2,26	2,53	2,80	3,07	3,34	3,62	3,90	4,19
	13			2,34	2,61	2,89	3,17	3,45	3,73	4,02	4,31
	14			2,42	2,70	2,98	3,26	3,55	3,84	4,13	4,43
	15			2,50	2,79	3,08	3,37	3,66	3,95	4,25	4,55
	16			2,59	2,88	3,17	3,47	3,77	4,07	4,37	4,68
		Tmax - Tmin						EPE = 0,40 mm/dia*			
d		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7			1,93	2,24	2,56	2,88	3,21	3,54	3,89	4,24
	8			2,01	2,32	2,65	2,98	3,32	3,66	4,01	4,37
	9			2,08	2,41	2,74	3,08	3,43	3,78	4,14	4,51
	10			2,16	2,49	2,83	3,18	3,54	3,90	4,27	4,65
	11			2,24	2,58	2,93	3,29	3,65	4,02	4,40	4,78
	12			2,32	2,67	3,03	3,40	3,77	4,15	4,53	4,93
	13			2,40	2,76	3,13	3,50	3,89	4,27	4,67	5,07
	14			2,49	2,86	3,23	3,62	4,01	4,40	4,80	5,21
	15			2,57	2,95	3,34	3,73	4,13	4,53	4,94	5,36
	16			2,66	3,05	3,45	3,85	4,25	4,67	5,08	5,51

* Para sete dias.

Tabela 9a – Evapotranspiração calculada para o mês de janeiro nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Patos de Minas, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,18 mm/dia*			
a		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,34	4,57	4,80	5,03	5,25	5,47	5,69	5,91	6,13	6,35
	15	4,45	4,68	4,92	5,14	5,37	5,60	5,82	6,04	6,26	6,48
	16	4,55	4,79	5,03	5,26	5,49	5,72	5,95	6,17	6,40	6,62
	17	4,66	4,90	5,14	5,38	5,61	5,85	6,08	6,31	6,53	6,76
	18	4,76	5,01	5,26	5,50	5,74	5,97	6,21	6,44	6,67	6,90
	19	4,87	5,12	5,37	5,62	5,86	6,10	6,34	6,57	6,81	7,04
	20	4,98	5,24	5,49	5,74	5,99	6,23	6,47	6,71	6,95	7,18
	21	5,09	5,35	5,61	5,86	6,11	6,36	6,61	6,85	7,09	7,33
	22	5,20	5,47	5,73	5,99	6,24	6,50	6,75	6,99	7,24	7,48
	23	5,31	5,58	5,85	6,12	6,38	6,63	6,89	7,14	7,38	7,63

		Tmax - Tmin						EPE = 0,22 mm/dia*			
b		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,55	4,83	5,12	5,40	5,68	5,96	6,25	6,53	6,81	7,10
	15	4,67	4,96	5,24	5,53	5,82	6,11	6,39	6,68	6,97	7,25
	16	4,79	5,08	5,37	5,66	5,96	6,25	6,54	6,83	7,12	7,41
	17	4,90	5,20	5,50	5,80	6,10	6,39	6,69	6,98	7,28	7,57
	18	5,02	5,33	5,63	5,93	6,23	6,54	6,84	7,13	7,43	7,73
	19	5,14	5,45	5,76	6,07	6,38	6,68	6,99	7,29	7,59	7,90
	20	5,26	5,58	5,89	6,21	6,52	6,83	7,14	7,44	7,75	8,06
	21	5,39	5,71	6,03	6,34	6,66	6,98	7,29	7,60	7,91	8,23
	22	5,51	5,84	6,16	6,48	6,81	7,13	7,44	7,76	8,08	8,39
	23	5,63	5,97	6,30	6,63	6,95	7,28	7,60	7,92	8,24	8,56

		Tmax - Tmin						EPE = 0,24 mm/dia*			
c		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	4,73	5,05	5,38	5,71	6,05	6,38	6,72	7,06	7,40	7,75
	15	4,85	5,19	5,53	5,86	6,20	6,54	6,89	7,23	7,58	7,93
	16	4,99	5,33	5,67	6,01	6,36	6,70	7,05	7,40	7,75	8,11
	17	5,12	5,46	5,81	6,16	6,51	6,86	7,22	7,57	7,93	8,29
	18	5,25	5,60	5,96	6,31	6,67	7,03	7,39	7,75	8,11	8,47
	19	5,38	5,74	6,10	6,46	6,83	7,19	7,55	7,92	8,29	8,66
	20	5,51	5,88	6,25	6,62	6,98	7,35	7,72	8,09	8,47	8,84
	21	5,65	6,02	6,40	6,77	7,14	7,52	7,89	8,27	8,65	9,03
	22	5,78	6,16	6,54	6,92	7,30	7,68	8,07	8,45	8,83	9,21
	23	5,92	6,31	6,69	7,08	7,47	7,85	8,24	8,63	9,01	9,40

		Tmax - Tmin						EPE = 0,30 mm/dia*			
d		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	14	5,01	5,41	5,81	6,22	6,64	7,06	7,49	7,93	8,37	8,82
	15	5,16	5,57	5,98	6,40	6,83	7,26	7,69	8,14	8,59	9,04
	16	5,31	5,73	6,15	6,58	7,01	7,45	7,90	8,35	8,80	9,26
	17	5,46	5,89	6,32	6,76	7,20	7,65	8,10	8,56	9,02	9,49
	18	5,61	6,05	6,49	6,94	7,39	7,84	8,30	8,77	9,24	9,72
	19	5,77	6,22	6,67	7,12	7,58	8,04	8,51	8,98	9,46	9,94
	20	5,92	6,38	6,84	7,30	7,77	8,24	8,71	9,19	9,68	10,17
	21	6,08	6,55	7,01	7,48	7,96	8,44	8,92	9,41	9,90	10,40
	22	6,24	6,71	7,19	7,67	8,15	8,64	9,13	9,62	10,12	10,62
	23	6,40	6,88	7,36	7,85	8,34	8,84	9,34	9,84	10,34	10,85

* Para sete dias.

Tabela 9b – Evapotranspiração calculada para o mês de julho nas velocidades do vento de 1 m/s (a), 2 m/s (b), 3 m/s (c) e 5 m/s (d) para a localidade de Patos de Minas, MG

		Tmax - Tmin						EPE = 0,18 mm/dia*				
		a	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,19	2,31	2,42	2,54	2,65	2,77	2,88	3,00	3,11	3,23	
	8	2,26	2,37	2,49	2,61	2,73	2,84	2,96	3,08	3,19	3,31	
	9	2,32	2,44	2,56	2,68	2,80	2,92	3,04	3,16	3,27	3,39	
	10	2,38	2,51	2,63	2,75	2,87	2,99	3,11	3,24	3,36	3,48	
	11	2,45	2,58	2,70	2,82	2,95	3,07	3,19	3,32	3,44	3,56	
	12	2,52	2,65	2,77	2,90	3,02	3,15	3,27	3,40	3,52	3,65	
	13	2,58	2,72	2,85	2,97	3,10	3,23	3,36	3,48	3,61	3,74	
	14	2,65	2,79	2,92	3,05	3,18	3,31	3,44	3,57	3,70	3,83	
	15	2,72	2,86	2,99	3,13	3,26	3,39	3,53	3,66	3,79	3,92	
	16	2,79	2,93	3,07	3,21	3,34	3,48	3,61	3,75	3,88	4,01	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,25 mm/dia*				
		b	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,57	2,73	2,89	3,06	3,23	3,40	3,57	3,75	3,92	4,10	
	8	2,64	2,81	2,98	3,15	3,32	3,50	3,67	3,85	4,03	4,21	
	9	2,72	2,89	3,07	3,24	3,42	3,59	3,77	3,95	4,13	4,32	
	10	2,80	2,98	3,15	3,33	3,51	3,69	3,87	4,05	4,24	4,43	
	11	2,88	3,06	3,24	3,42	3,60	3,79	3,97	4,16	4,35	4,53	
	12	2,97	3,15	3,33	3,51	3,70	3,88	4,07	4,26	4,45	4,64	
	13	3,05	3,23	3,42	3,61	3,79	3,98	4,18	4,37	4,56	4,76	
	14	3,13	3,32	3,51	3,70	3,89	4,08	4,28	4,47	4,67	4,87	
	15	3,21	3,41	3,60	3,80	3,99	4,19	4,38	4,58	4,78	4,98	
	16	3,30	3,50	3,69	3,89	4,09	4,29	4,49	4,69	4,89	5,10	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,30 mm/dia*				
		c	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	2,87	3,07	3,28	3,49	3,70	3,92	4,14	4,37	4,60	4,83	
	8	2,96	3,17	3,38	3,60	3,82	4,04	4,26	4,49	4,73	4,97	
	9	3,06	3,27	3,49	3,71	3,93	4,16	4,39	4,62	4,86	5,10	
	10	3,15	3,37	3,59	3,81	4,04	4,27	4,51	4,74	4,99	5,23	
	11	3,25	3,47	3,69	3,92	4,15	4,39	4,63	4,87	5,12	5,36	
	12	3,34	3,57	3,80	4,03	4,27	4,51	4,75	5,00	5,25	5,50	
	13	3,44	3,67	3,91	4,14	4,38	4,63	4,87	5,12	5,38	5,63	
	14	3,54	3,77	4,01	4,26	4,50	4,75	5,00	5,25	5,51	5,77	
	15	3,63	3,88	4,12	4,37	4,62	4,87	5,12	5,38	5,64	5,91	
	16	3,73	3,98	4,23	4,48	4,74	4,99	5,25	5,51	5,78	6,04	

		Tmax - Tmin						EPE = 0,40 mm/dia*				
		d	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tmin	7	3,33	3,60	3,87	4,15	4,44	4,73	5,04	5,34	5,66	5,98	
	8	3,45	3,72	4,00	4,29	4,59	4,89	5,20	5,51	5,83	6,16	
	9	3,57	3,85	4,14	4,43	4,73	5,04	5,36	5,68	6,01	6,34	
	10	3,69	3,98	4,27	4,57	4,88	5,20	5,52	5,85	6,18	6,52	
	11	3,81	4,11	4,41	4,72	5,03	5,35	5,68	6,02	6,36	6,71	
	12	3,93	4,24	4,55	4,86	5,18	5,51	5,84	6,19	6,53	6,89	
	13	4,06	4,37	4,68	5,01	5,33	5,67	6,01	6,36	6,71	7,07	
	14	4,18	4,50	4,82	5,15	5,49	5,83	6,17	6,53	6,89	7,25	
	15	4,31	4,63	4,96	5,30	5,64	5,99	6,34	6,70	7,07	7,44	
	16	4,43	4,77	5,10	5,44	5,79	6,15	6,51	6,87	7,24	7,62	

* Para sete dias.