

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Prognóstico das variáveis meteorológicas e da evapotranspiração de referência
com o modelo de previsão do tempo GFS/NCEP**

Celso Luís de Oliveira Filho

Dissertação apresentada para obtenção do Título
de Mestre em Agronomia. Área de Concentração:
Física do Ambiente Agrícola.

**Piracicaba
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



Celso Luís de Oliveira Filho
Bacharel em Meteorologia

**Prognóstico das variáveis meteorológicas e da evapotranspiração de referência
com o modelo de previsão do tempo GFS/NCEP**

Orientador:
Prof. Dr. **LUIZ ROBERTO ANGELOCCI**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de
Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Física
do Ambiente Agrícola.

PIRACICABA
2007

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Oliveira Filho, Celso Luís de

Prognóstico das variáveis meteorológicas e da evapotranspiração de referência com o modelo de previsão do tempo GFS/NCEP / Celso Luís de Oliveira Filho. - - Piracicaba, 2007.

55 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Agrometeorologia 2. Evapotranspiração – Prognóstico 3. Previsão do tempo
I. Título

CDD 630.2515

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

AGRADECIMENTOS

A lista de agradecimentos é grande, mas eu não poderia deixar de citar todos que fizeram parte desta empreitada de alguns anos.

Em primeiro lugar, sou muito agradecido ao Prof. Angelocci, que teve uma grande paciência ao me orientar. Entendeu os percalços pelos quais passei e ajudou-me muito durante todo o período. Também agradeço ao Prof. Paulo Sentelhas, pelos valorosos conselhos. Afirmo a todos que tive um grande co-orientador extra-oficial. Não poderia deixar de esquecer de todos os funcionários do departamento, em especial a Solange Assis Paes Sabadin, que foi a primeira pessoa a me “resgatar” e que incentivou o término da dissertação em tempo hábil, e à Angela Márcia Derigi Silva e ao Luiz Fernando Novello, que colaboraram muito para que isto acontecesse. À SOMAR Meteorologia, os agradecimentos por permitir que progredisse em minha vida profissional e acadêmica, fornecendo a estrutura que pr

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Definições e conceitos de evapotranspiração; importância da evapotranspiração de referência	13
2.2 Estimativa da evapotranspiração de referência	16
2.3 Prognóstico da evapotranspiração de referência	19
2.4 Desempenho do modelo de previsão do tempo	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Modelo de previsão de tempo	23
3.2 Dados da estação agrometeorológica	25
3.3 Estimativa da evapotranspiração de referência	25
3.4 Análise dos dados	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Variáveis meteorológicas	31
4.2 Evapotranspiração de referência	45
5 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS	53

RESUMO

Prognóstico das variáveis meteorológicas e da evapotranspiração de referência com o modelo de previsão de tempo GFS/NCEP

Avaliou-se o desempenho de um modelo numérico de previsão do tempo (GFS - *Global Forecast System* – antigo AVN – *AViatioN model* - do Centro Nacional para Previsão Ambiental – NCEP) no prognóstico de variáveis meteorológicas temperatura, déficit de pressão de vapor do ar, saldo de radiação e velocidade do vento, e da evapotranspiração de referência calculada pelos métodos de Thornthwaite (1948) e de Penman-Monteith (Allen et al., 1998). O desempenho foi avaliado por comparação com dados provenientes de uma estação meteorológica, situada em Piracicaba, São Paulo. A temperatura e o déficit de pressão de vapor do ar foram os elementos melhor prognosticados, com desempenho “muito bom” e “bom”, de acordo com o índice de desempenho proposto por Camargo e Sentelhas (1997), para no máximo quatro e três dia de antecedência, respectivamente, durante o período seco. Para o período úmido, somente o prognóstico do déficit de pressão de vapor do ar para o primeiro dia mostrou-se “bom”. Os prognósticos de saldo de radiação e velocidade do vento foram ruins para ambos os períodos. Em decorrência do bom desempenho do modelo para prognosticar a temperatura, verificou-se que a estimativa de ETo pelo método de Thornthwaite teve boa concordância com o calculado a partir dos dados da estação meteorológica, com antecedência de até três dias para o período seco. Para o úmido, este fato foi observado apenas para o primeiro dia de antecedência. A concordância entre os valores estimados pelo modelo e a partir da estação para o método de Penman-Monteith foi muito baixa, em consequência do desempenho do modelo de previsão do tempo em prognosticar o saldo de radiação e a velocidade do vento.

Palavras-chave: Previsão de evapotranspiração de referência; Desempenho de modelo de previsão do tempo; Temperatura do ar; Déficit de pressão de vapor do ar; Saldo de radiação; velocidade do vento

ABSTRACT

Prediction of meteorological variables and reference evapotranspiration with GFS/NCEP weather forecast model

The performance of a numeric weather forecast model (GFS- Forecast System, former AVN - AvatioN model, National Center for Environmental Prediction-NCEP) was evaluated for predicting weather variables, like air temperature and vapor pressure deficit, net radiation and wind speed, as well as reference evapotranspiration calculated by Thornthwaite (1948) and Penman-Monteith (Allen et al., 1948) methods, by the comparison with data obtained by an automatic weather station, in Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. Temperature and vapor pressure deficit were the variables predicted with the best accuracy, with a "very good" and "good" performance, according to the index of confidence proposed by Camargo and Sentelhas (1997), for the maximum of four and three days in advance, respectively, during the dry season. For the wet season, only vapor pressure deficit was predicted with a "good" performance of the model. The predictions of net radiation and wind speed were very poor for both seasons. As the weather forecast model predicted temperature well, ETo estimated by Thornthwaite method showed a good agreement with ETo values estimated by observed data from the weather station, with till three days in advance for the dry season. For the wet season, such agreement was observed just for one day in advance. When ETo estimated by Penman-Monteith method with data from the weather forecast model and from weather station were compared any agreement was observed, which was caused by the poor performance of the numeric weather forecast model to predict net radiation and wind speed.

Keywords: Reference evapotranspiration prediction; Weather forecast model performance; Air temperature; Pressure vapor deficit; Net radiation; Wind speed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre a temperatura média diária obtida pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período seco	32
Figura 2 - Relação entre a temperatura média diária obtida pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período úmido	33
Figura 3 - Relação entre saldo de radiação diário obtido pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência	36
Figura 4 - Relação entre o déficit da pressão de vapor obtido pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período seco	38
Figura 5 - Relação entre o déficit da pressão de vapor obtido pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período úmido	39
Figura 6 - Relação entre a velocidade do vento a 2 metros obtida pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período seco	41
Figura 7 - Relação entre a velocidade do vento a 2 metros obtida pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período úmido	42
Figura 8 - Relação entre a evapotranspiração calculada pelo método de Thornthwaite pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período seco.....	46
Figura 9 - Relação entre a evapotranspiração calculada pelo método de Thornthwaite pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período úmido	47
Figura 10 - Relação entre a evapotranspiração calculada pelo método de Penman-Monteith pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise estatística para a temperatura média diária para o período seco entre abril e setembro	34
Tabela 2 - Análise estatística para a temperatura média diária para o período úmido entre outubro e março	34
Tabela 3 - Análise estatística para o saldo de radiação para o período de 26/12/2007 a 31/03/2007	37
Tabela 4 - Análise estatística para o déficit da pressão de vapor para o período seco, entre abril e setembro	40
Tabela 5 - Análise estatística para o déficit da pressão de vapor para o período úmido, entre outubro e março	40
Tabela 6 - Análise estatística para o vento médio diário para o período seco, entre abril e setembro	43
Tabela 7 - Análise estatística para o vento médio diário para o período úmido, entre outubro e março	43
Tabela 8 - Análise estatística para evapotranspiração de referência pelo método de Thornthwaite – Período seco entre abril e setembro ...	48
Tabela 9 - Análise estatística para evapotranspiração de referência pelo método de Thornthwaite – Período úmido entre outubro e março..	48
Tabela 10 - Análise estatística para evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith – Período de 26/12/2007 a 31/03/2007	51

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais a agricultura implementa tecnologias para aumento da produtividade ou mitigação de eventuais perdas devidas ao clima. Observa-se, cada vez mais, a utilização de equipamentos meteorológicos para o controle das condições ambientais e tomadas de decisão, como é o caso, por exemplo, das estações agrometeorológicas.

Entretanto, ainda que as observações das condições ambientais sejam úteis para a tomada de decisões de manejo agrícola, essa decisão depende fundamentalmente do conhecimento das condições meteorológicas futuras. Tome-se, por exemplo, a decisão de irrigar, que envolve o conhecimento do balanço hídrico do solo. O prognóstico do balanço hídrico, que envolve as entradas e saídas de água em um volume de solo explorado pelo sistema radicular é muito importante para a tomada de decisão. Portanto, o conhecimento antecipado da quantidade de chuva para os dias seguintes e de perda de água por evapotranspiração podem permitir ao agricultor tomar a decisão quanto à aplicação de água na cultura, em função do balanço hídrico. O conhecimento das condições hídricas do solo é igualmente importante para outras atividades agrícolas, entre elas a semeadura das culturas anuais. Um exemplo disso foi constatado na primavera de 2006, quando os modelos numéricos de previsão do tempo indicaram que ocorreriam chuvas fortes em Brasília a partir do final de setembro, o que se confirmou. Diante desta informação foi possível adiantar a semeadura, evitando assim a paralisação das atividades posteriormente. O mesmo vale para a colheita. Enfim, informações dessa natureza permitem tomadas de decisões quanto ao manejo das culturas, desde o plantio, passando pelos tratamentos culturais, até a colheita.

Apesar dos inúmeros avanços tecnológicos na previsão do tempo, ainda há uma grande defasagem entre o que a meteorologia oferece e o que o produtor realmente necessita. Os modelos numéricos de previsão do tempo ainda deixam a desejar na previsão da quantidade de chuva, algo que é imprescindível para o produtor. Até hoje, não foi possível fazer com que os modelos numéricos de previsão do tempo simulassem a precipitação de forma exata. Essas simulações são forçadas com determinadas condições observadas na atmosfera virtual do modelo. São as chamadas

parametrizações. Outras variáveis também são tratadas da mesma forma, como a cobertura de nuvens. A precipitação é um produto secundário do modelo de previsão, e assim mesmo os modelos de previsão com altíssimas resoluções sofrem com esse problema.

As previsões do tempo são geradas com modelos numéricos, cujas incertezas aumentam de acordo com a antecedência adotada, ou seja, uma previsão do tempo para hoje é mais precisa que a previsão do tempo para amanhã. Atualmente são disponibilizadas previsões com antecedência máxima de 7 a 15 dias. Alguns órgãos já trabalham com previsões mensais do tempo e até mesmo semestrais, mas em função da baixa confiabilidade esses não disponibilizam essas previsões para o público em geral.

No caso específico do agricultor, o mais interessante seria que existissem boas previsões com antecedência e duração de alguns meses, período de um ciclo de cultura. Para minimizar a falta desse tipo de produto, existem os modelos climáticos, os quais nada mais são, que vários modelos de previsão do tempo rodados ao mesmo tempo. Faz-se uma média desses modelos e obtêm-se a previsão climática. É importante observar que apenas os melhores modelos de previsão do tempo são utilizados para a rodada do modelo climático. Esses modelos são considerados os melhores desde que eles acertem boa parte de suas previsões para o globo terrestre quando obtidos.

Mesmo considerando-se os modelos numéricos de previsão climática com antecedência de meses, esses não são suficientes para permitir tomadas de decisões confiáveis. Eles apenas apresentam uma previsão trimestral, quando indicam se as precipitações ou temperaturas serão acima ou abaixo da média. A limitação desses modelos é que uma precipitação abaixo da média não significa obrigatoriamente que durante os três meses ocorrerá pouca chuva. Pode ocorrer uma chuva intensa no primeiro mês e os dois seguintes ficarem totalmente secos, o que seria péssimo para a agricultura, ou podem ocorrer chuvas regulares, mas abaixo do normal observado para o período, talvez sem grandes transtornos para a agricultura. Infelizmente, os modelos climáticos ainda não fornecem precisão e exatidão suficientes para sua aplicação na agricultura.

Outra questão a ser levantada, é quanto ao tipo de produtos apresentados aos agricultores pelos órgãos de previsão do tempo. Normalmente, indica-se a condição do tempo para o dia, as temperaturas mínima e máxima e a altura de precipitação esperada para o período de 24 horas. Muitas vezes, esses valores são difíceis de serem interpretados pelo usuário. Seria mais interessante que variáveis desse tipo fossem transformadas em produtos de maior interesse para a agricultura. Por exemplo, muitas tomadas de decisão são baseadas na disponibilidade de água no solo, que pode ser avaliada por meio de um modelo de balanço hídrico relativamente simples, como é o caso do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955). Algumas informações desse tipo são disponibilizadas publicamente em alguns poucos jornais e em sites da Internet voltados para o tempo, clima e agricultura. Mas a informação que é passada não envolve prognósticos futuros, mas sim, uma descrição do balanço hídrico de um período anterior (5 dias, uma semana) até a data atual, ou seja, caracterizam a situação do dia atual, no final do período de cálculo do balanço. Assim, a introdução da previsão do tempo no prognóstico do balanço hídrico do solo, determinado este de forma climatológica, pode se tornar uma ferramenta valiosa na agrometeorologia operacional.

Nos últimos anos, tem havido algumas tentativas de se prognosticar o valor da evapotranspiração de referência e do balanço hídrico a partir dos modelos numéricos de previsão. Esses trabalhos ainda são incipientes, sendo ainda necessário o aprofundamento dos estudos do desempenho dos modelos de previsão do tempo no prognóstico da evapotranspiração de referência e das variáveis que a determinam.

Tendo em vista a importância da evapotranspiração de referência para a agrometeorologia, o objetivo deste trabalho foi estudar a viabilidade de uso da previsão do tempo no prognóstico da evapotranspiração de referência. Os objetivos específicos foram: a) avaliar o desempenho do modelo de previsão do tempo global conhecido como GFS (*Global Forecast System*), antigo AVN (*AViation model*) no prognóstico das variáveis meteorológicas de saída do modelo de previsão, as quais entram no cálculo da evapotranspiração de referência; b) comparar os valores de evapotranspiração de referência (ET_o) prognosticados a partir das variáveis determinantes, obtidas pelo

modelo de previsão, com aqueles calculados a partir das variáveis observadas na superfície (estação agrometeorológica).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definições e conceitos de evapotranspiração; importância da evapotranspiração de referência

O processo evaporativo é um processo de superfície, pelo qual a água passa do estado líquido para o gasoso quando suas moléculas atingem a energia cinética suficiente para atravessar a superfície da água e chegar à atmosfera (OLIVEIRA, 1999). A quantidade necessária de energia para tal é designada como calor latente de vaporização, da ordem de $2,45 \text{ MJ.kg}^{-1}$ a 20°C . A evaporação provoca o arrefecimento da superfície de evaporação, ou seja, para que a temperatura desta superfície se mantenha é necessário fornecer grandes quantidades de energia por radiação ou por transferência de calor, da atmosfera ou da massa de água, para a superfície evaporante.

A evapotranspiração, ou seja, a perda de água de uma cobertura vegetal composta da evaporação da água, do solo e da transpiração vegetal, é uma variável bastante estudada devido a sua importância para o balanço hídrico do solo. As primeiras definições e conceitos de evapotranspiração foram introduzidas por Thornthwaite (1948), que conceituou a “evapotranspiração potencial” (ETP) como a perda máxima de água em uma superfície de solo bem umedecido, completamente coberto com vegetação, em fase de desenvolvimento ativo e com dimensão suficientemente extensa de modo a minimizar os efeitos de energia advectiva local. Se alguma dessas condições não for atendida, tem-se a evapotranspiração real. Quase que simultaneamente, Penman (1948), na Inglaterra, também definiu a evapotranspiração de referência, ressaltando que a vegetação deveria ser rasteira e com altura uniforme. De modo geral, a grama foi tomada como padrão, em razão da sua utilização nos postos meteorológicos (PEREIRA et al., 1997).

A condição de "superfície extensa" foi introduzida com o objetivo de se levar em conta uma área tampão suficientemente grande para que a evapotranspiração potencial fosse resultante somente das trocas verticais de energia (PEREIRA, VILLA

NOVA E SEDIYAMA, 1997), visto que, dependendo da situação de umidade do solo das áreas adjacentes e de ocorrência de ventos, podem ocorrer fluxos advectivos que contribuem para a perda de água da superfície adotada para se definir a ETo. Entretanto, como ressaltam esses três autores, o termo "extensa" é vago e não permite uma definição inequívoca de ETP, do mesmo modo que afirmam que coeficientes de reflexão de radiação solar diferentes para as coberturas vegetais afetam o balanço de energia radiante e a evapotranspiração, bem como a rugosidade da superfície, associada ao porte da vegetação.

Tendo em vista os aspectos discutidos no parágrafo anterior, houve preocupação de melhor definição das condições de contorno, com a introdução do termo "evapotranspiração de referência" aparentemente por Jensen; Wright e Pratt (1971), segundo Pereira, Villa Nova e Sedyama (1997), a qual foi definida por Jensen (1973) como aquela que ocorre numa cultura de alfafa com altura entre 0,3 e 0,5 m, com aproximadamente 100 m de área tampão. A definição da cobertura vegetal a ser adotada como referência não foi consensual, sendo que Doorenbos e Pruitt (1977) definiram a evapotranspiração de referência como aquela que ocorre em uma superfície gramada, extensa em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo, com altura entre 0,08 e 0,15 m e sem deficiência hídrica, que coincide aproximadamente com o conceito de evapotranspiração de refes para an4c0.0051o.Ei aparr5(ot0.12u5 Tw3(a finição)UJ1Im1ot)(ot0.12u

e ainda porque a vegetação real não coincide com a vegetação padrão utilizada na definição da evapotranspiração de referência.

Considerando que os conceitos de E_{To} e E_{TR} envolvem condições de cobertura vegetal relativamente restritivas e que para fins agrícolas outras situações de vegetação são encontradas, desde a década de 1970 outros conceitos de evapotranspiração foram introduzidos, muitas vezes gerando confusões por não se ter totalmente uniformizado a terminologia. Por exemplo, a evapotranspiração de oásis é definida como aquela ocorrendo em uma pequena área irrigada rodeada por área seca e com uma área tampão insuficiente para eliminar os efeitos advectivos do calor sensível (PEREIRA, VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997).

Quando a cobertura vegetal é uma cultura agrícola extensa, o conceito usado é o de evapotranspiração da cultura (E_{Tc}), termo apropriado para especificar a perda de água que ocorre num campo cultivado e levar em conta os fatores da cultura que afetam a evapotranspiração, como tipo, variedade e estágio de desenvolvimento da cultura, pois diferentes níveis de evapotranspiração ocorrem em função da resistência ao transporte de água no sistema solo-atmosfera, albedo, altura, rugosidade, grau de cobertura do solo e características do sistema radicular, bem como de manejo e do próprio ambiente, como grau de salinidade e de fertilidade, impedimentos físicos de horizontes do solo, aeração e umidade no solo, e a própria ocorrência de pragas e doenças que podem afetar o crescimento da cultura. O termo evapotranspiração de cultura (E_{Tc}) tem sido usado de forma confusa, muitas vezes como sinônimo de evapotranspiração máxima, que se aplica a uma situação em que não ocorre deficiência hídrica no solo (DOORENBOS; KASSAM, 1994). Para situações em que há deficiência hídrica no solo ou em que condições não ideais de crescimento da cultura estão ocorrendo, sugere-se o termo evapotranspiração real de cultura (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 1997).

Deve-se ressaltar que a terminologia confusa muitas vezes dificulta o próprio entendimento conceitual. Pereira, Villa Nova e Sedyama (1997) citam casos nesse sentido. Por exemplo, do termo evapotranspiração máxima ter sido empregado por Tanner e Jury (1976) para definir uma condição potencial e por Villa Nova e Reichardt

para uma situação que seria, na verdade, de oásis. Citam o caso de Bouchet (1963) e de Morton (1983), que definiram evapotranspiração de referência, mas em situação que se configura como de oásis. No caso desses dois últimos autores, eles fazem distinção entre *evapotranspiração de área*, que é a medida em uma escala regional, e *evapotranspiração de ponto*, em microescala.

Apesar desses pontos de confusão, principalmente quanto aos conceitos envolvendo evapotranspiração de uma cultura, o conceito de evapotranspiração de referência encontra-se bem estabelecido e é muito utilizado em agroclimatologia e em engenharia rural (manejo da água do solo). No caso de agroclimatologia, ela é uma variável de entrada do balanço hídrico climatológico, sendo que tanto ETo quanto variáveis do próprio balanço são usadas na classificação climática de Thornthwaite (1948). No caso do balanço hídrico de culturas, o conceito de evapotranspiração de referência torna-se fundamental por que por meio dela e do uso de coeficientes de passagem, como o de cultura (K_c) e do coeficiente de estresse hídrico (K_s), é possível estimar os conceitos de evapotranspiração aplicados a uma cultura.

2.2 Estimativa da evapotranspiração de referência

Embora a evapotranspiração de referência, como qualquer uma das outras conceituadas no item anterior, possa ser determinada por lisímetros ou evapotranspirômetros, pelo método de balanço hídrico do solo *in situ* e por métodos micrometeorológicos, as dificuldades e as complexidades técnicas, tornam o uso desses métodos impraticáveis fora do contexto da pesquisa e experimentação agrometeorológica. Para fins práticos, resta a possibilidade da ETo ser estimada por métodos que utilizam variáveis climáticas, tendo em vista a característica dela representar o conceito de evapotranspiração dependente das condições de demanda evaporativa da atmosfera.

Tendo em vista a importância de ETo em climatologia, agrometeorologia e no manejo da água na agricultura, a sua estimativa é um tema vastamente estudado, tendo-se iniciado na década de 1940, com C. W. Thornthwaite e J. L. Penman. Pelo menos mais de duas dezenas de métodos foram estabelecidos para a estimativa da

vento, e o de Blaney-Criddle só a medida de temperatura, mas também uma estimativa de umidade do ar, vento e insolação.

Há métodos mais simples, inclusive usados no Brasil, como o de Thornthwaite (1948), o modificado pelo índice T por Camargo e Camargo (1983), o de Camargo (1971) e o de Hargreaves-Samani (1985). Camargo e Sentelhas (1997), fizeram um estudo amplo do desempenho desses métodos e de outros, totalizando 21 deles, nas condições do estado de São Paulo, por comparação com medidas em evapotranspirômetros de drenagem. Com base no índice "c" que envolve um índice de precisão (r) e um de exatidão (d) (WILLMOTT et al., 1985a), concluíram que os três primeiros citados, juntos com o de Priestley-Taylor (1972) tiveram desempenho muito bom na escala mensal, seguido do de Penman-Monteith, de Penman-Frère, de Hargreaves modificado, de Penman, Makking e de Blaney-Criddle modificado, com bom desempenho, na ordem citada.

O bom desempenho do método de Thornthwaite, no estado de São Paulo foi também comprovada por Camargo (1962) em escala mensal. É um método simples de aplicação clássica no Brasil, mas o seu desempenho em escala diária pode ser questionável, embora pouco testado.

O método de Penman-Monteith foi modificado por especialistas da FAO, para atender às condições de contorno da evapotranspiração de referência citada no item anterior (SMITH et al., 1992) e passou a ser indicado por aquele órgão da ONU como um método padrão, segundo a parametrização proposta por esses autores. O objetivo principal é tentar se trabalhar com um método reconhecidamente de boa precisão, com uma parametrização uniforme, tornando possível utilizá-lo em condições das mais universais possíveis na determinação da evapotranspiração de cultura, com índices de coeficientes como o de cultura e o de estresse. É um método que pode ser usado em escala diária.

2.3 Prognóstico da evapotranspiração de referência

Alguns poucos estudos foram feitos utilizando-se justamente modelos numéricos de previsão do tempo, obtendo-se deles a evapotranspiração de referência futura e comparando-se com a obtida a partir de dados de estações agrometeorológicas.

Existem várias formas de obtenção do prognóstico da evapotranspiração. Uma delas é usar estatísticas de evapotranspiração observadas no passado. Seria algo como uma climatologia de evapotranspiração. É uma forma pouco eficaz, pois mostra apenas uma condição média da região. Se as condições ambientais mudarem por conta da passagem de um sistema transiente comum (frente fria) a quantidade de água no solo muda radicalmente.

A outra solução é combinar as medidas de evapotranspiração do passado com séries temporais. A utilização de séries temporais é bastante utilizada em muitos processos hidrológicos. As séries temporais são válidas a partir do momento em que as variáveis físicas subjacentes não apareçam diretamente na análise. Deve-se levar em consideração que a série será válida supondo que as circunstâncias físicas persistam em longo prazo (Trajkovic et al., 2003).

Nos últimos quatro anos, as técnicas de redes neurais passaram a ser utilizadas na obtenção do prognóstico de evapotranspiração. Este método surgiu graças ao avanço da capacidade de processamento dos computadores atuais. Inicialmente as redes neurais foram aplicadas para ajudar em previsões de demanda em muitas áreas de engenharia. Porém, é possível adaptar a rede para se obter a previsão da evapotranspiração de referência (Trajkovic et al., 2003).

E, finalmente, outro método é a utilização de modelos numéricos de previsão do tempo. Através de variáveis atmosféricas como temperatura, velocidade do vento, saldo de radiação e umidade do ar é possível obter o prognóstico de evapotranspiração (Trajkovic et al., 2003).

Duce et al. (2000) obteve o prognóstico da evapotranspiração de referência com um modelo numérico de previsão do tempo de mesoescala (alta resolução – grades de poucos quilômetros) para um período de até 70 horas e comparou com as estimativas observadas a partir de postos de observações agrometeorológicas na Califórnia. Além de obter dados de evapotranspiração de referência, foram obtidos dados de cada elemento necessário para o cálculo dessa evapotranspiração por meio da equação modificada de Penman-Monteith. Observou-se que neste caso, os maiores desvios entre os valores observados e previstos ocorriam devido ao mau prognóstico do balanço de energia. É interessante observar que no estudo realizado por Georger et al. (1985) chegou-se à conclusão que o mau prognóstico da velocidade do vento foi o principal fator para os desvios da evapotranspiração prognosticada em relação à observada.

Arca et al. (2005) trabalharam com prognóstico diário e horário de ETo pelo método de Penman-Monteith pelo uso de três procedimentos: modelos de série temporal, de redes neurais e de previsão do tempo, sendo que o modelo de previsão do tempo era de mesoescala (BOLAM2000). Os resultados foram comparados com dados obtidos de estações meteorológicas. Verificaram que o modelo de previsão do tempo mostrou-se mais eficaz na estimativa de ETo nas duas escalas de tempo. Chama a atenção também o fato de que a análise mostrou uma grande dispersão entre a ETo calculada e a prevista. A avaliação do efeito de variáveis da previsão de tempo na exatidão da ETo prevista mostrou que a irradiância solar foi a principal variável que afeta o prognóstico de ETo.

2.4 Desempenho do modelo de previsão do tempo

Há mais de 100 anos, meteorologistas fazem previsões do tempo e de eventos climáticos. A fim de melhorar a qualidade das previsões, cientistas que trabalham neste campo desenvolvem cada vez mais técnicas de comparação entre as previsões e a realidade (Jolliffe et.al, 2003).

Na maior parte dos estudos nessa área trabalhou-se com períodos específicos e sob condições de eventos extremos na atmosfera. O próprio NCEP, que mantém o modelo de previsão do tempo GFS, fez comparações com a passagem de furacões pela costa dos Estados Unidos e formação de tempestades severas.

Hughes (2000) comparou vários parâmetros do modelo, ainda chamado de AVN na época, como os índices de instabilidade atmosférica Lift, Total e K, vento horizontal, velocidade ascendente do vento, CAPE (Energia Potencial disponível para convecção), espessuras de camadas atmosféricas e precipitação convectiva. Com todos estes parâmetros foi possível estimar o chamado “*Brier Score*”, índice utilizado para a detecção de tempestades severas no país. Este índice foi utilizado durante o verão de 1999. A cada 12 horas, uma nova saída do modelo AVN era gerada e o índice com a probabilidade de formação de tempestades severas era calculado para todo o país. A base de comparação foram imagens de satélite fornecidas pela Agência Aeroespacial Norte Americana (NASA) e informes de intensos temporais, com formação de tornados ou ventos responsáveis por estragos amplos. O mesmo procedimento foi adotado para o modelo NGM, também operado pelo NCEP. Segundo a autora, o modelo de previsão do tempo AVN mostrou-se mais hábil na previsão de tempestades severas com um período de 24 horas que o modelo NGM.

Um outro trabalho interessante foi publicado por Monaghan et. al (2002), que compararam a saída de três modelos de previsão do tempo: o modelo global MM5, o modelo de mesoescala MM5 Polar, adaptado pela Universidade da Pensilvânia, nos Estados Unidos, o antigo AVN, do NCEP, e o modelo de previsão global do centro europeu (ECMWF). O que chama a atenção neste trabalho é o motivo pelo qual houve

a comparação dos modelos. Em abril de 2001, em pleno outono na Antártica, um vôo teve que partir às pressas para a estação de Amundsen-Scott, em pleno pólo sul, para resgatar um médico com uma grave pancreatite. Nesta época do ano, a temperatura é extremamente baixa (abaixo dos -55°C), a escuridão dura quase 24 horas e há formação freqüente de tempestades de neve. A análise dos quatro modelos de previsão do tempo ajudou os meteorologistas a fazer o prognóstico da atmosfera durante todo o período da operação de remoção do médico. Para identificar os pontos fortes e fracos dos modelos de previsão do tempo diversas variáveis na superfície e em níveis médios foram analisadas estatisticamente entre 21 e 25 de abril para a Antártica Ocidental. Os autores do trabalho afirmaram que o modelo europeu apresentou o melhor desempenho, com menor dispersão e maior correlação para os campos analisados, seguido pelos modelos MM5 Polar, o AVN e o MM5 global. Para as variáveis de superfície todos os modelos mostraram-se bastante hábeis no desempenho da pressão atmosférica. Por outro lado, a dispersão foi maior para a temperatura e velocidade do vento. Já para os parâmetros de níveis médios, os modelos tiveram um melhor desempenho em todos os campos, especialmente para a altura geopotencial e velocidade do vento. Conclui-se ainda, que é necessário se trabalhar no aperfeiçoamento da previsão do tempo em superfície de todos os modelos de previsão. A resolução espacial de cada modelo tem uma influência muito grande na previsibilidade, especialmente com relação à complexa topografia da costa da região.

Algo que também chamou a atenção foi o desempenho do MM5 Polar. Por se tratar do único modelo de mesoescala, com melhor resolução espacial, esperava-se o melhor desempenho deste modelo. Entretanto, os autores afirmaram que as condições iniciais e de limite vindos de modelos globais tiveram uma grande influência nas previsões.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Modelo de previsão do tempo

Foi utilizado um modelo global, denominado *Global Forecast System* (GFS), antigo *AViatioN model* (AVN), do Centro Nacional para Previsão Ambiental (NCEP). O motivo para a utilização deste modelo foi à existência de uma estrutura já instalada, com computadores e linhas telefônicas programadas para obterem este modelo de uma forma rápida. Este modelo é muito utilizado no Brasil pelas principais empresas de consultoria em previsão do tempo. Nesta estrutura, obtêm-se duas “rodadas” do modelo GFS, uma à 00Z e outra às 12Z (horário de Greenwich).

No GFS, como em todo o modelo global, os dados são coletados por estações meteorológicas em todo o globo no mesmo horário, baseado no horário de Greenwich. Onde há falta de dados de superfície, utilizam-se dados de satélite, como os do NOAA-12, do NOAA-16 e do NOAA-17, que possibilitam obter informações sobre uma mesma área seis vezes por dia (três diurnas e três noturnas). Sua principal utilização é a obtenção de informações meteorológicas através de seu sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer* ou Radiômetro Avançado de Resolução Muito Alta), com resolução espacial de 1km x 1km no ponto nadir (diretamente abaixo do satélite). O passo seguinte é reunir todos os dados, interpolando-os numa grade horizontal uniforme. A seguir, as grades são sobrepostas em várias grades verticais, normalmente nos níveis de pressão, e integrados no tempo e no espaço por supercomputadores.

O modelo GFS tem uma resolução horizontal de 1° x 1° e 42 níveis verticais espaçadas de forma desiguais. Doze níveis estão entre 1000 hPa e 800 hPa e outros dez níveis estão acima do 100 hPa. Os vários níveis próximos do solo servem para cálculos mais precisos de troca de energia entre solo e atmosfera, na região conhecida por Camada Limite Planetária. Já os níveis mais elevados aumentam a resolução dos cálculos entre Troposfera e Estratosfera.

Como mencionado anteriormente, duas “rodadas” do modelo são obtidas por dia. Pelo horário de Brasília, a rodada da 00Z é disponibilizada por volta das 04h00 (local) e a das 12Z por volta das 16h30 (local). Devido ao horário, normalmente atualiza-se a previsão do tempo do dia com o modelo das 00Z. Ela fica disponível justamente pouco antes do início das atividades e tomadas de decisões em todo o país. Foram feitas comparações entre as rodadas das 00Z e 12Z e elas foram muito semelhantes. A diferença encontrada foi menor que 5% na comparação de evapotranspiração de referência.

Em cada “rodada” do modelo, são disponibilizadas previsões para sete dias, sendo que cada dia é dividido em intervalos de seis horas, ou seja, a previsão para o primeiro dia, por exemplo, apresenta valores de elementos meteorológicos para a madrugada, manhã, tarde e noite do Brasil, respectivamente às 06Z, 12Z, 18Z e 21Z. Cada horário é dividido por arquivos disponibilizados pelo computador do NCEP. Ao final de cada “rodada” do modelo são oferecidos aos usuários 28 arquivos com mais de 27 megabytes cada.

Toda a documentação do modelo GFS está disponível na página do NCEP (<http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/mrf.html>). Nos arquivos, as radiações de ondas longas e curtas são disponibilizadas em W/m^2 , integradas nos períodos de seis horas. Cada arquivo disponibiliza uma temperatura mínima e uma máxima em Kelvin (K). Cada período apresenta a previsão da direção e velocidade do vento a 10 em metros por segundo (m/s).

A umidade relativa do ar na superfície é a que mais provoca preocupações para os cálculos. Há apenas um valor de umidade relativa do ar para cada arquivo. Isto quer dizer, que esta saída é diferente da temperatura, por exemplo, onde há um valor máximo e mínimo por arquivo. A saída da umidade relativa do ar representa a média do

agrometeorológica. A mesma lógica vale para a umidade relativa máxima. Nem o valor das 06Z e nem o valor das 12Z atingem a umidade relativa máxima observada.

3.2 Dados da estação agrometeorológica

Os dados meteorológicos foram obtidos no posto meteorológico do Campus "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, Estado de São Paulo (lat. 22°42'30''S; long. 47°38'00'' W e altitude 546 m), gerados por sensores de uma estação meteorológica automática, com as seguintes medidas de interesse neste estudo: a) irradiância solar global, com piranômetro CM3 (Kipp e Zonen, Delft, Holanda); b) saldo de radiação, com saldo-radiômetro NR Lite-L (Kipp e Zonen, Delft, Holanda); c) temperatura e umidade relativa do ar, com sensor HMP455 (Vaisala, Helsinque, Finlândia); d) velocidade do vento a 2m acima do gramado, com anemômetro 03001-L (R. M. Youg, Traverse City, MI, USA). Os dados foram registrados a cada segundo e armazenadas as médias a cada 15 minutos, além dos valores extremos em cada período.

3.3 Estimativa da evapotranspiração de referência

Foram utilizados os métodos de Thornthwaite (1948) e o de Penman-Monteith, (padrão FAO-1998). Eles são métodos clássicos, sendo o primeiro um método que somente exige temperatura do ar, sendo muito utilizado no Brasil, por essa simplicidade de exigência e pela disponibilidade dessa variável, além de apresentar bom desempenho no clima tropical sub-úmido do interior do estado de São Paulo (CAMARGO; SENTELHAS, 1997). O método de Penman-Monteith é considerado o método padrão na estimativa de ETo, não somente porque tem base física sólida, mas parametrização proposta pela FAO (ALLEN et al., 1994, 1998) que o torna de aplicação universal.

A equação usada para a estimativa diária da evapotranspiração diária (mm d^{-1}) pelo método de Penman-Monteith foi

$$ET_o = \frac{0,408s(R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 275}}{s + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

em que: R_n é radiação líquida total diária ($\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$); $\gamma = 0,063 \text{ kPa}^\circ \text{C}^{-1}$ é a constante psicrométrica; T é a temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$); U_2 é a velocidade média do vento a 2m de altura (ms^{-1}), e_s é a pressão de saturação de vapor (kPa); e_a é a pressão parcial de vapor (kPa); e s é a declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar, em $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$, sendo dado por:

$$s = (4098 * e_s) / (T + 237,3)^2 \quad (2)$$

$$e_s = 0,6108 * 10^{(7,5T / 237,3 + T)} \quad (3)$$

$$e_a = (e_s * UR) / 100 \quad (4)$$

Nos cálculos foram adotadas duas simplificações iniciais: a velocidade do vento obtida pelo modelo numérico foi fornecida para a altura de 10m, tendo sido, portanto, reduzida ao nível de 2m utilizando-se o fator 0,75 (PEREIRA et al., 2002). O fluxo de calor no solo não é fornecido pela estação agrometeorológica e foi considerado igual a zero para o valor diário.

Como cada período do modelo de previsão do tempo fornecia um valor de temperatura máxima e mínima, decidiu-se obter uma média da pressão de vapor de saturação com a temperatura mínima e outra média da pressão de vapor de saturação com a temperatura máxima. Com esses valores, obteve-se um valor final para a pressão de vapor de saturação (e_s). Por outro lado, o mesmo procedimento não foi adotado para a pressão de vapor atual (e_a), já que o modelo de previsão do tempo fornecia apenas um valor médio de umidade relativa do ar para cada período. Devido a este problema com a umidade relativa do ar do modelo, decidiu-se fazer uma comparação do déficit da pressão de vapor do modelo de previsão do tempo (DPV) e

da estação agrometeorológica. O objetivo foi definir o quanto a umidade relativa do ar fornecida pelo modelo de previsão do tempo distanciava-se dos dados observados. O déficit da pressão do vapor foi obtida através da diferença das pressões de vapor de água de saturação e atual de cada dia.

O balanço de radiação de ondas curtas do modelo de previsão do tempo foi obtido através de uma média dos quatro valores diários fornecidos pelo modelo. Esta média foi multiplicada por 0,77, ou seja, estimou-se que em uma área gramada sem déficit hídrico, onde fica a estação agrometeorológica, o albedo sempre seria de 0,23.

O balanço de radiação de ondas longas foi obtido por meio da diferença de duas médias. O próprio modelo de previsão do tempo fornece as densidades de fluxo de radiação de ondas longas ascendentes e descendentes. A partir daí, apenas estima-se o balanço através da diferença dos dois fluxos.

A temperatura média diária e o vento médio foram obtidos através de médias simples.

A evapotranspiração de referência pelo método de Thornthwaite (1948) foi calculada pela fórmula empírica:

$$ET = 16(10T_n/I)^a \quad 0 \leq T_n < 26,5^\circ\text{C} \quad (5)$$

sendo T_n a temperatura média do período, em $^\circ\text{C}$; I é um índice que expressa o nível de calor disponível na região. O subscrito n representa o período ou, no caso, o dia. No caso de $T_n \geq 26,5^\circ\text{C}$, a ET será dada por (WILLMOTT et al., 1985b):

$$ET = -415,85 + 32,24 T_n - 0,43 T_n^2 \quad T_n \geq 26,5^\circ\text{C} \quad (6)$$

O valor de I depende do ritmo anual da temperatura média normal, integrando o efeito térmico de cada mês, sendo calculado pela fórmula:

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2T_n)^{1,514} \quad (7)$$

O expoente a da equação (5), sendo função de I , também é um índice térmico regional e é calculado pela função polinomial:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-3} I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} I + 0,49239 \quad (8)$$

Os coeficientes I e a , calculados com as normais climatológicas, são característicos da região e tornam-se constantes, sendo independentes do ano de estimativa de ET.

Os cálculos dos valores de ET_o foram realizados com o uso de uma planilha eletrônica que permite se obter o valor diário, incluindo-se o ajuste para o fotoperíodo (N) e número de dias no mês (ND).

$$ET_o = ET \cdot COR \quad (9)$$

$$COR = (ND/30) \cdot (N/12) \quad (10)$$

Sabe-se que o método de Thorthwaite tem limitações quando utilizado na escala diária. Apesar dessas limitações, não foi objetivo deste estudo discutir o desempenho do método, mas sim o desempenho do modelo de previsão em prognósticos a variável temperatura e do próprio método de Thorthwaite em comparação com os dados da estação agrometeorológica.

3.4 Análise dos dados

Foram arquivados quase dois anos de dados diários (de 01/04/2005 a 05/09/2006 e de 26/12/2006 a 31/03/2007) provenientes do modelo de previsão do tempo das variáveis utilizadas no cálculo da evapotranspiração de referência para subsidiar a discussão na comparação dos resultados obtidos pela previsão e diretamente a partir da estação meteorológica.

Nas comparações, foram feitas análises de regressão e utilização dos índices estatísticos de desempenho (WILLMOTT et. al, 1985a). Esses índices são amplamente

utilizados em agrometeorologia, sendo mencionados em Sentelhas et. al (1997) e Camargo e Sentelhas (1997).

O índice de concordância (d) está associado à exatidão do método, relacionada ao afastamento dos valores estimados em relação aos observados.

$$d=1-\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (11)$$

Além do índice "d", foi utilizado o coeficiente de correlação r, que indica o grau de dispersão dos dados observados em relação à média (erro aleatório).

Por fim, calculou-se o índice de confiança ou desempenho "c";

$$c=r*d \quad (12)$$

O índice "c" foi proposto por Camargo e Sentelhas (1997) para indicar o desempenho dos métodos, reunindo os índices de precisão "r" e de exatidão "d".

O critério adotado para interpretar o desempenho dos métodos pelo índice “c” foi sugerido da seguinte maneira:

$C > 0,85$ – ótimo
$0,76 \leq C \leq 0,85$ – muito bom
$0,66 \leq C \leq 0,75$ – bom
$0,61 \leq C \leq 0,65$ – mediano
$0,60 \leq C \leq 0,51$ – sofrível
$0,50 \leq C \leq 0,41$ – mau
$C < 0,41$ – péssimo

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

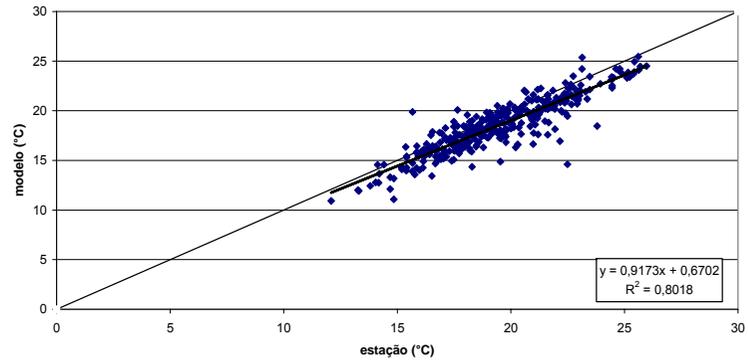
4.1 Variáveis meteorológicas

As comparações entre os valores de temperatura do ar, do saldo de radiação, do déficit da pressão de vapor e da velocidade do vento prognosticados pelo modelo de previsão foram realizadas dividindo-se o ano em dois períodos, denominados de "seco" (abril a setembro) e de "úmido" (outubro a março). Os resultados são mostrados em gráficos (Figuras 1 a 7) os quais, devido ao número grande deles, foram inseridos somente para números ímpares de dias de antecedência (1, 3, 5 e 7). A análise estatística completa para os sete dias, envolvendo r^2 , d, c, além das equações de regressão, encontram-se nas tabelas de 1 a 7.

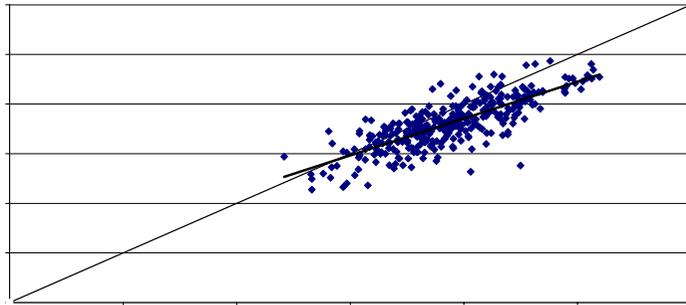
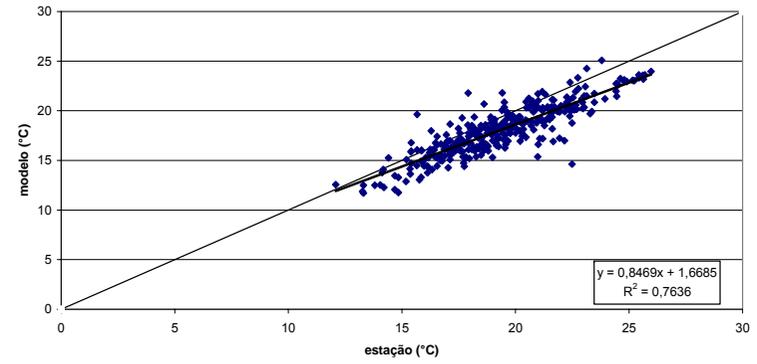
Os dados de radiação de ondas longas e ondas curtas descendentes e ascendentes do período entre 2005 e 2006 foram somados e, posteriormente, guardados no computador, ao invés de terem sido guardados em separado. Isto quer dizer que, os dados do balanço de ondas curtas dos anos de 2005 e 2006 estão com o albedo do modelo de previsão do tempo, ao invés de um albedo fixo de 0,23 (considerado na parametrização da FAO), necessário para o cálculo da evapotranspiração de referência. No modelo considera-se uma variação da vegetação/superfície ao longo do globo e o albedo desta vegetação/superfície varia mensalmente. O modelo em si não disponibiliza este albedo em suas saídas. Isto significa que o saldo de radiação e, por consequência, a ETo calculada pelo método de Penman-Monteith refere-se somente ao período entre 26/12/2006 e 31/03/2007, no qual foi possível dispor dos dados separados de radiação de ondas curtas e longas fornecidos pelo modelo de previsão do tempo.

Nas figuras 1 e 2, encontram-se os dados da temperatura média diária do ar, para os períodos seco e úmido, obtidos através do modelo de previsão do tempo em comparação com os dados da estação. As respectivas análises estatísticas encontram-se nas tabelas 1 e 2.

Previsão para o primeiro dia - Período seco



Previsão para o terceiro dia - Período seco



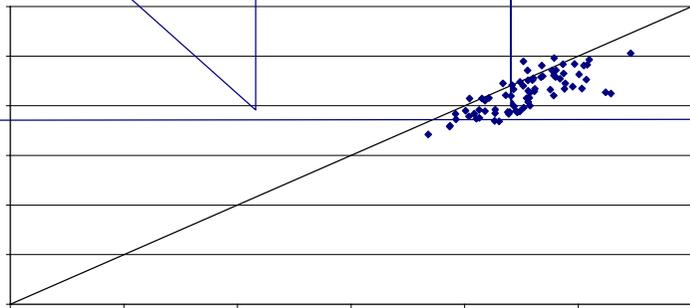


Tabela 1 - Análise estatística para a temperatura média diária para o período seco, entre abril e setembro

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
Regressão	0,9173x +	0,8913x +	0,8469x +	0,7924x +	0,7433x +	0,6798x +	0,6175x +
	0,6702	0,8775	1,6685	2,6797	3,6772	4,9916	6,0138
R²	0,8018	0,7855	0,7636	0,7029	0,6289	0,522	0,4423
D	0,92	0,89	0,88	0,86	0,84	0,81	0,76
C	0,82	0,79	0,77	0,72	0,67	0,59	0,51

Tabela 2 - Análise estatística para a temperatura média diária para o período úmido, entre outubro e março

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
Regressão	0,7755x	0,7568x +	0,6943x +	0,6112	+ 0,6287x +	0,5956x +	0,5638x +
	+3,7476	3,8727	5,1979	7,1865	6,7505	7,4734	8,0815
R²	0,5689	0,5083	0,4823	0,3952	0,3699	0,2968	0,2773
D	0,72	0,67	0,64	0,61	0,61	0,59	0,56
C	0,54	0,48	0,44	0,38	0,37	0,32	0,29

Nota-se que no período seco, o prognóstico da temperatura média do ar foi melhor que no período úmido. Além do mais, nota-se uma subestimativa do modelo de previsão para ambos os períodos, sendo em média da ordem de 0,7°C para o período úmido e de mais de 1°C no período seco. Entretanto, a dispersão tendeu a ser menor no período seco, indicando maior precisão. O período seco mostrou também maiores índices de concordância "d" e desempenho "c".

Como esperado, o desempenho piorou com o aumento do período de antecedência. Para o período seco, o desempenho do modelo mostrou-se "muito bom" nos três primeiros dias, e "bom" para o quarto e quinto dias. Já para o úmido, mostrou-se ruim.

Na figura 3 encontram-se os dados de saldo de radiação para o período entre 26/12/2006 e 31/03/2007, obtidos através do modelo de previsão do tempo em comparação com os dados da estação. As respectivas análises estatísticas encontram-se na tabela 3.

O desempenho do modelo de previsão muito insatisfatório para todos os dias de antecedência. Entretanto, percebe-se que o grande responsável por este desempenho foi o alto grau de dispersão, indicando baixa pr

ser considerado bom para os dois primeiros dias, ou seja, o modelo mostra-se com boa exatidão para os dois primeiros dias de antecedência.

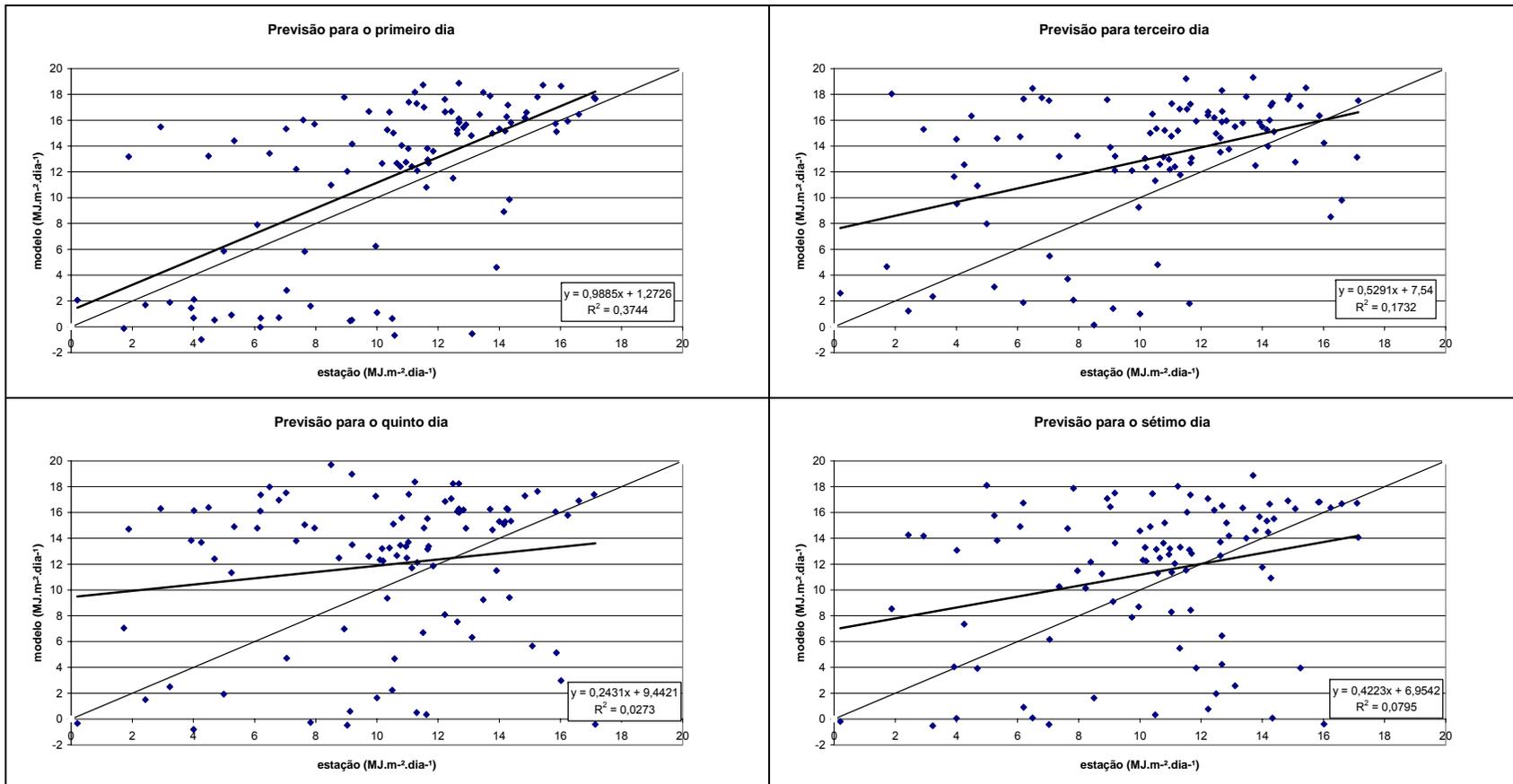


Figura 3 – Relação entre o saldo de radiação diário obtido pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período entre 26/12/2006 e 31/03/2007

Tabela 3 - Análise estatística para o saldo de radiação para o período de 26/12/2006 a 31/03/2007

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
Regressão	0,9885x + 1,2726	0,8916x + 2,5806	0,5291x + 7,54	0,5608x + 01574	0,2431x + 9,4421	0,1986x + 10,152	0,4223x + 6,9542
R²	0,3744	0,373	0,1732	0,1574	0,0273	0,0189	0,0795
D	0,73	0,74	0,62	0,62	0,50	0,48	0,57
C	0,45	0,45	0,26	0,25	0,08	0,07	0,16

Nas figuras 4 e 5, encontram-se os dados de déficit de pressão de saturação para os períodos seco e úmido, obtidos através do modelo de previsão do tempo em comparação com os dados da estação. As respectivas análises estatísticas encontram-se nas tabelas 4 e 5.

O desempenho do modelo de previsão mostrou-se mais satisfatório para o período seco, com o primeiro dia de antecedência apresentando índice "muito bom" e os dois dias posteriores apresentando desempenho "bom". Já para o período úmido, apenas o primeiro dia de antecedência apresentou índice "bom". Mas nos dois períodos, o índice de concordância foi elevado para os sete dias de previsão, indicando grande exatidão, ou seja, o modelo consegue prever mudanças de padrão da atmosfera. Para ambos os períodos, com exceção do primeiro dia de previsão do período seco, há uma tendência de leve subestimativa do modelo, com pequeno acréscimo ao longo dos sete dias.

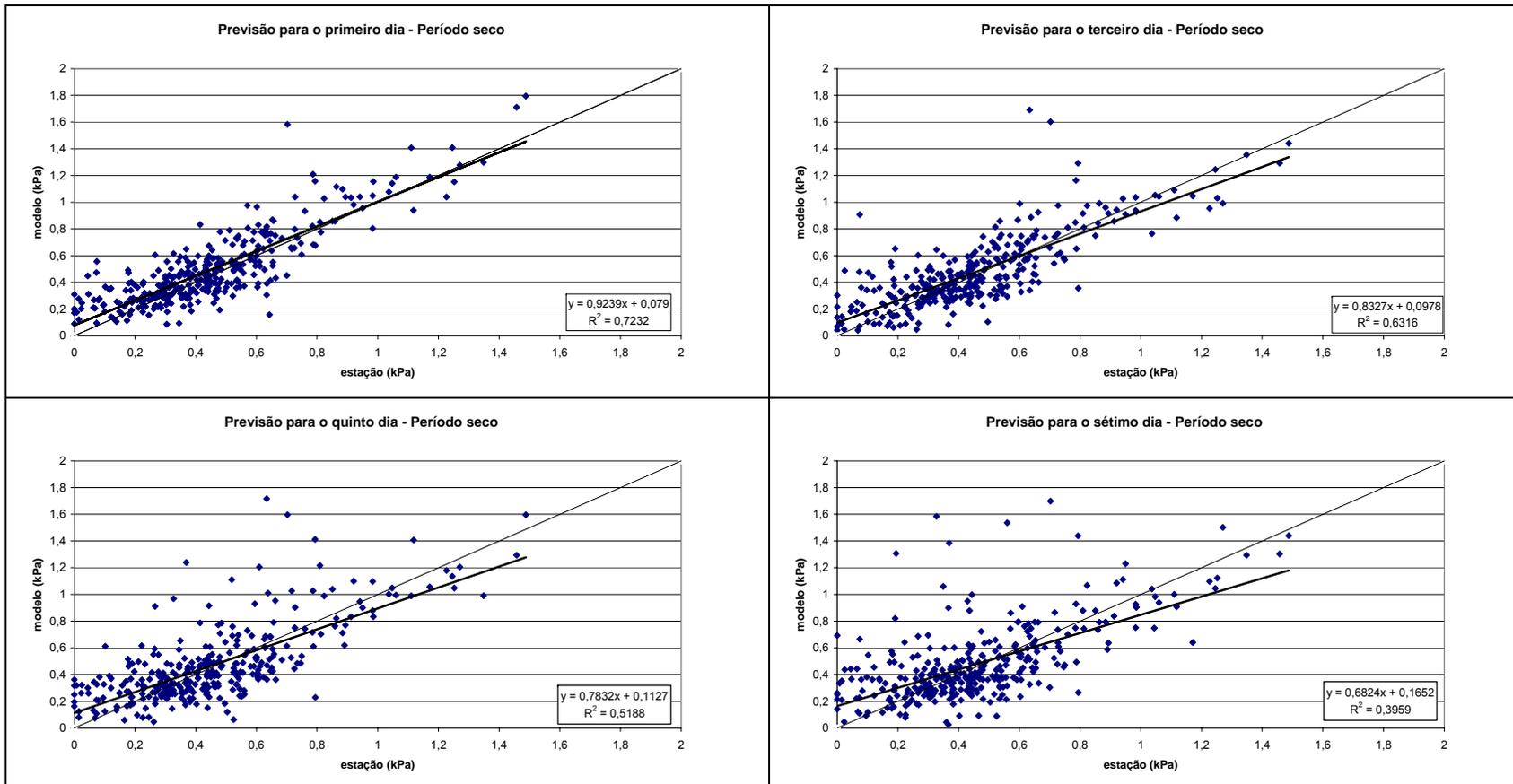


Figura 4 – Relação entre o déficit da pressão de vapor obtido pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período seco

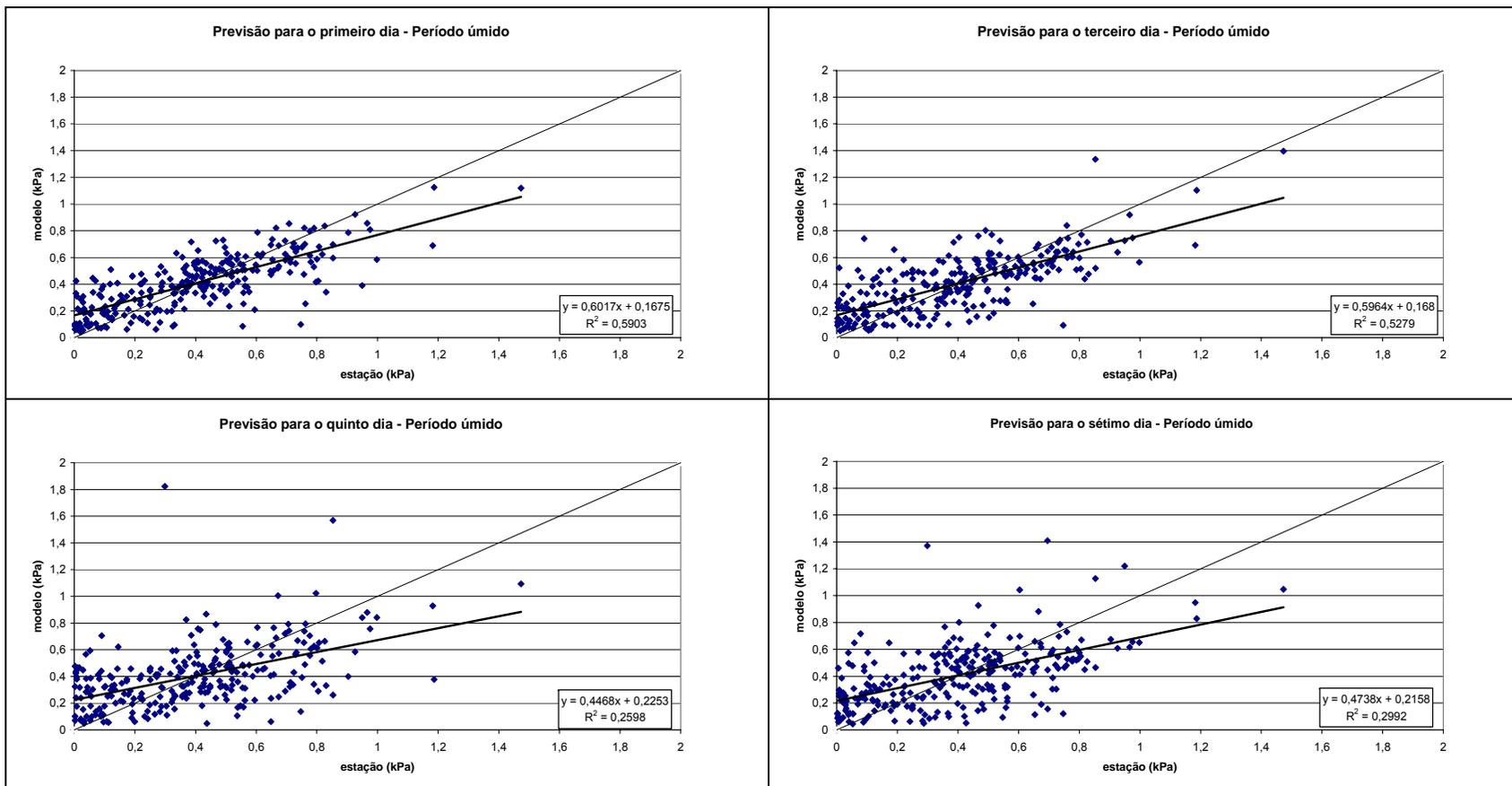
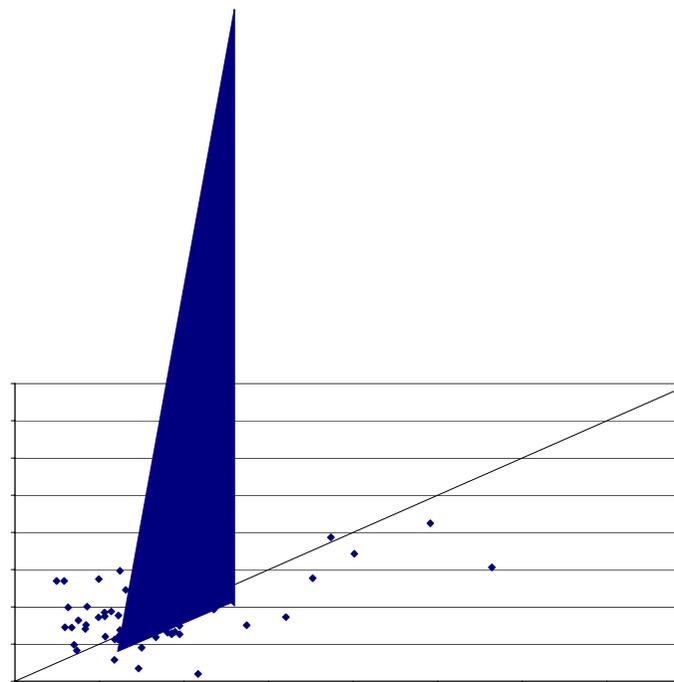
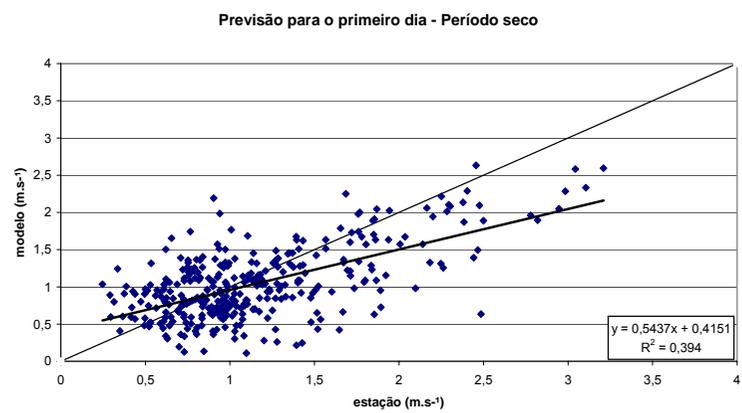


Figura 5 – Relação entre o déficit da pressão de vapor obtido pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período úmido.

Tabela 4 - Análise estatística para o déficit da pressão de vapor para o período seco, entre abril e setembro

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
Regressão	0,9239x +	0,8741x +	0,8327x +	0,7724x +	0,7832x +	0,6872x +	0,6824x +
	0,079	0,0754	0,0978	0,1234	0,1127	0,1722	0,1652
R²	0,7232	0,678	0,6316	0,5357	0,5188	0,3981	0,3959
D	0,91	0,90	0,89	0,85	0,84	0,79	0,79



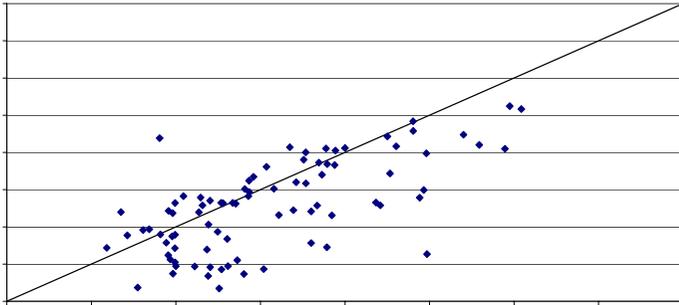


Tabela 6 - Análise estatística para o vento médio diário para o período seco, entre abril e setembro

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
Regressão	0,5437x + 0,4151	0,5611x + 0,3733	0,5498x + 0,3819	0,4881x + 0,446	0,4114x + 0,5269	0,3298x + 0,6375	0,2833x + 0,6896
R²	0,394	0,4221	0,4108	0,3134	0,2346	0,1401	0,0921
D	0,78	0,79	0,78	0,74	0,68	0,62	0,57
C	0,49	0,51	0,50	0,41	0,33	0,23	0,17

Tabela 7 - Análise estatística para o vento médio diário para o período úmido, entre outubro e março

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
Regressão	0,613x + 0,4438	0,5866x + 0,505	0,5201x + 0,5882	0,5248x + 0,5369	0,4161x + 0,6578	0,3572x + 0,7752	0,3048x + 0,8783
R²	0,3969	0,3701	0,3098	0,3197	0,2303	0,1404	0,1036
D	0,79	0,78	0,74	0,75	0,69	0,63	0,60
C	0,50	0,47	0,41	0,42	0,33	0,24	0,19

Uma característica comum em todos os elementos analisados das épocas seca e úmida foi o aumento da dispersão à medida que se avançou na previsão do tempo. O erro aleatório aumentou em todos os casos, o que é normal para modelos de previsão do tempo, de uma forma geral. Na maioria dos casos, as simplificações e truncamentos existentes nos métodos numéricos de previsão do tempo passam a ter uma influência maior no resultado final se compararmos, por exemplo, a saída do primeiro dia com o sétimo dia. A influência das simplificações e truncamentos é maior na saída do sétimo dia. Em alguns poucos casos, observa-se o contrário: melhora da performance do modelo de previsão do tempo em saídas mais distantes do dia do evento. Mas isto ocorreu de forma muito rara neste estudo.

O período seco mostrou-se menos disperso que o úmido para todos os elementos. E a razão para esta situação está no fato de que na época seca, as fontes locais de energia têm pouca influência sobre a atmosfera. Apenas grandes sistemas sinóticos, como frentes frias, influenciam nas condições de tempo e este tipo de sistema é mais previsível que áreas de instabilidade locais, por exemplo. Estas fontes de energia localizadas podem gerar nebulosidade não prevista pelo modelo de previsão do

tempo e manter a temperatura máxima mais baixa. O contrário também pode ocorrer: o modelo de previsão do tempo mantém a temperatura baixa, mas aberturas do céu e presença de insolação se encarregam de elevar a temperatura. Aqui no Brasil, particularmente, durante o verão, o segundo caso é bem mais comum que o primeiro. Um sistema meteorológico conhecido por Alta da Bolívia é superestimado pelo modelo de previsão do tempo GFS. Em muitos casos, o modelo de previsão do tempo mantém sua simulação com muita nebulosidade e chuvas em Piracicaba e em boa parte do Estado de São Paulo. Entretanto, ainda pela manhã, observam-se aberturas no céu, responsáveis por aumento da temperatura. Este aumento na temperatura passa a ter muita influência sobre a temperatura média diária.

Como afirmado anteriormente, o índice de exatidão “d” mostrou-se maior que o erro aleatório em todos os casos. Isto significa que, apesar da falta de precisão, o modelo de previsão do tempo consegue simular as mudanças de padrão da atmosfera (elevação ou diminuição da temperatura). Com antecedência, é possível afirmar que a temperatura irá declinar, por exemplo. Entretanto, não é possível afirmar o quanto a temperatura declinará. No período seco, a afirmação pode ser feita com vários dias de antecedência. Em alguns casos, com sete dias de antecedência. Já no período úmido, esta antecedência diminui para, no máximo, três dias, momento em que o modelo de previsão do tempo consegue simular um pouco melhor as fontes locais de energia.

Percebe-se na análise do déficit da pressão de vapor é que mesmo com a defasagem dos mínimos e máximos da umidade relativa do ar, este elemento foi que se mostrou com desempenho mais satisfatório.

A baixa resolução do modelo de previsão do tempo, com uma grade de 1° por 1°, foi uma das responsáveis pelo seu mau desempenho quanto ao elemento vento. A simplificação da topografia na estrutura do modelo faz com que ele perca sensibilidade na detecção dos efeitos topográficos sobre o vento.

4.2 Evapotranspiração de referência

Nas figuras 8 e 9 encontram-se os dados de ETo obtida pelo método de Thornthwaite para os períodos seco e úmido, obtidos através do modelo de previsão do tempo em comparação com os dados da estação. As respectivas análises estatísticas encontram-se nas tabelas 8 e 9.

O desempenho do modelo de previsão do tempo mostrou-se "muito bom" para o primeiro dia e "bom" para o segundo e terceiro dias de antecedência para o período seco. Já no período úmido, apenas o primeiro dia de previsão mostrou-se "bom". Isto, na verdade, já era esperado, já que o método depende apenas da temperatura como variável de entrada. Isto faz com que se imagine que possa haver um desempenho semelhante para outros métodos de estimativa de ETo que utilizam a temperatura (Camargo e Hargreaves e Samani, por exemplo). Até o terceiro dia, observa-se uma tendência de pequena superestimativa do modelo na faixa de valores abaixo de 2mm.dia^{-1} e pequena subestimativa na faixa acima deste valor para os dois períodos. A partir do quarto dia, há uma tendência de aumento destas super e subestimativas.

Como ocorreu para todas as variáveis meteorológicas estudadas, a dispersão tendeu a ser alta. As incertezas e simplificações envolvidas são muitas, o que faz com que o dado previsto distancie-se do dado real. Entretanto, a tendência parece ser mantida, sobretudo durante o inverno, outono e primavera, ou seja, se a ETo real aumenta, o dado previsto também aumenta e vice-versa. Isto abre a perspectiva para que seja encontrado um coeficiente de ajuste posteriormente, de modo a minimizar a tendência de superestimativa na faixa de valores abaixo de $1,5\text{mm.dia}^{-1}$ e subestimativa acima de $2,0\text{mm.dia}^{-1}$, como se verifica nas figuras 8 e 9.

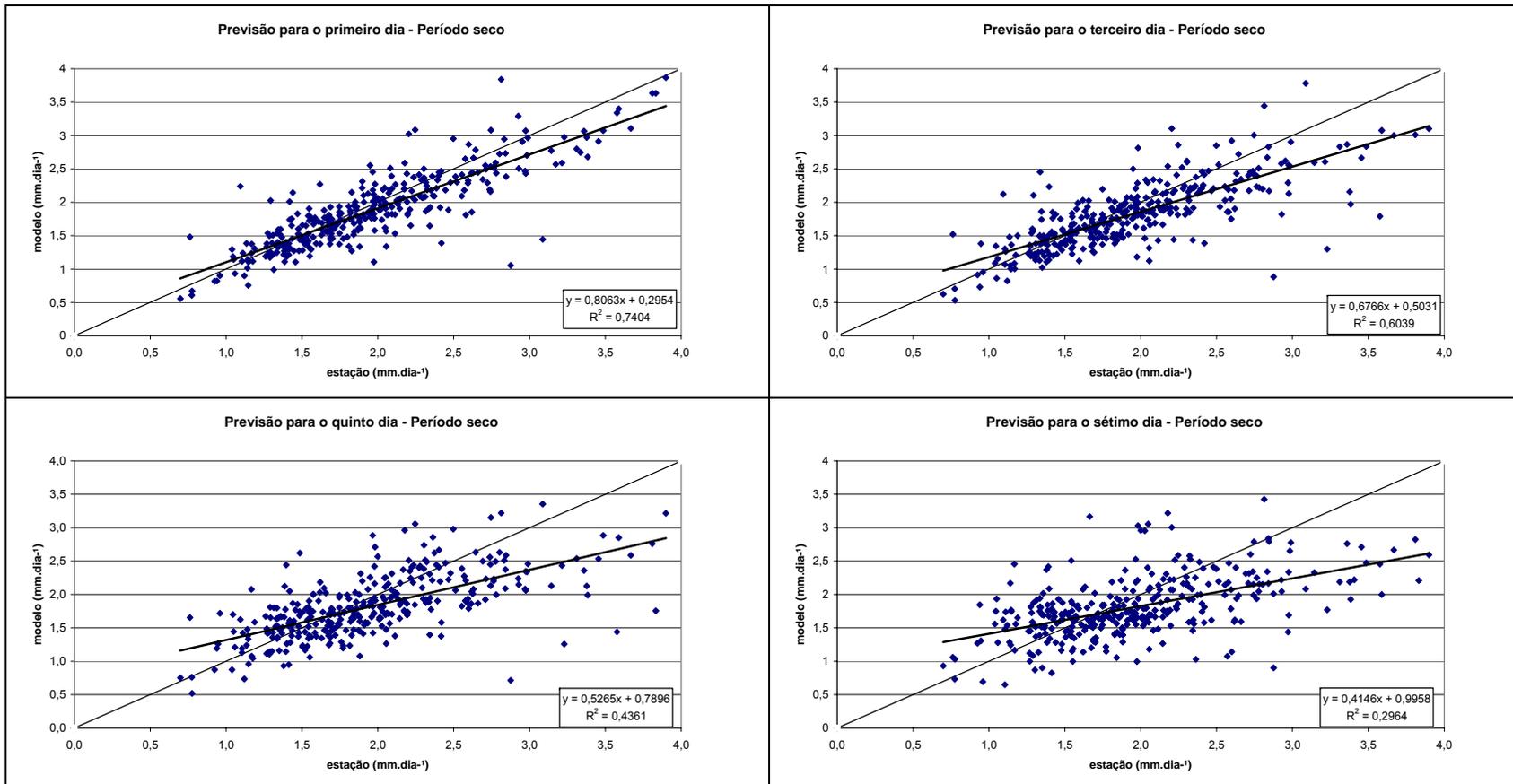


Figura 8 – Relação entre a evapotranspiração calculada pelo método de Thornthwaite pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período seco

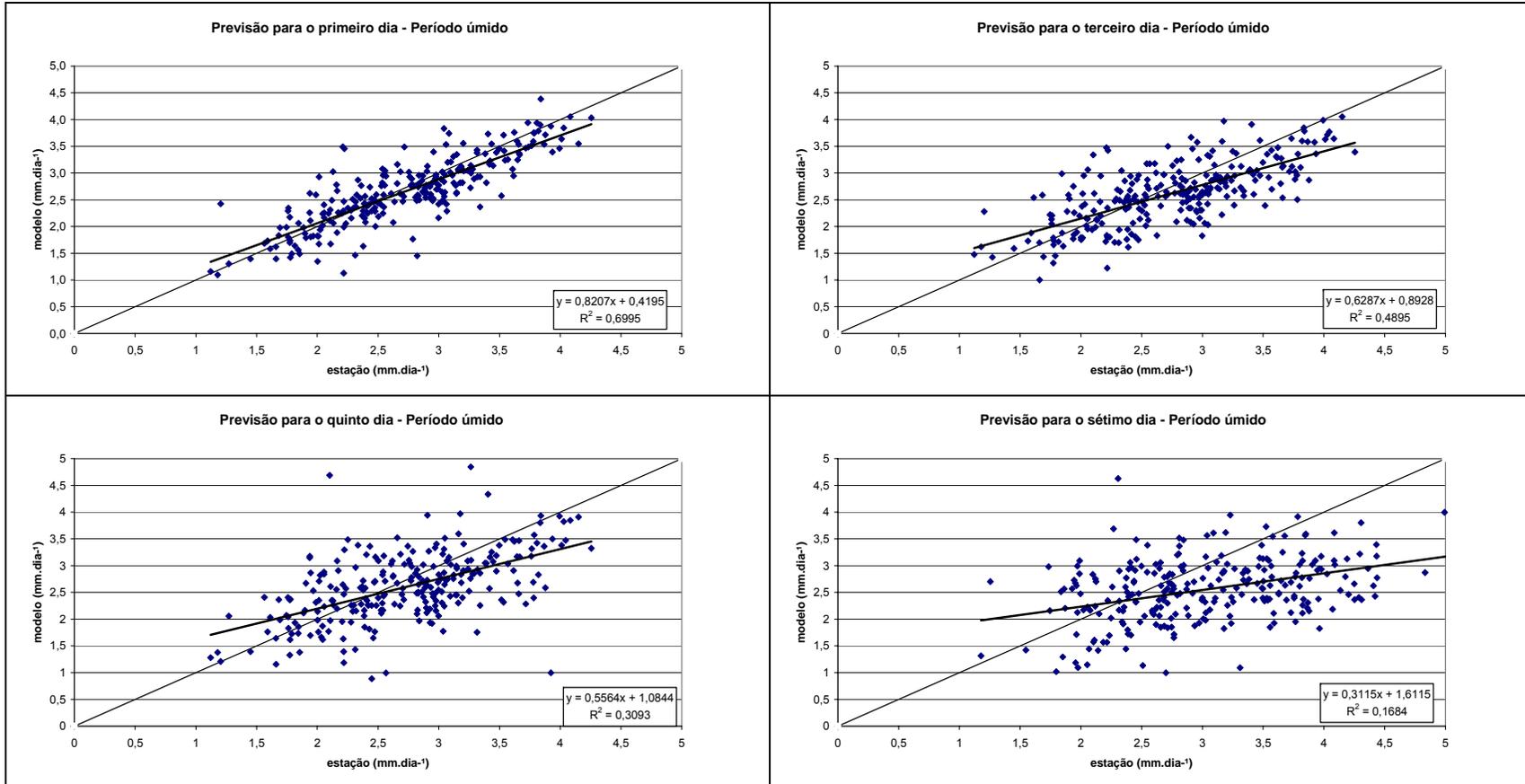


Figura 9 – Relação entre a evapotranspiração calculada pelo método de Thornthwaite pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência no período úmido

Tabela 8 - Análise estatística para evapotranspiração de referência pelo método de Thornthwaite – Período seco entre abril e setembro

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
Regressão	0,8063x + 0,2954	0,7346x + 0,3997	0,6766x + 0,5031	0,5776x + 0,6855	0,5265x + 0,7896	0,4854x + 0,8767	0,4146x + 0,9958
R²	0,7404	0,6675	0,6039	0,5029	0,4361	0,3764	0,2964
D	0,92	0,89	0,86	0,80	0,77	0,75	0,70
C	0,79	0,73	0,67	0,57	0,51	0,46	0,38

Tabela 9 - Análise estatística para evapotranspiração de referência pelo método de Thornthwaite – Período úmido, entre outubro e março

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
Regressão	0,8207x + 0,4195	0,6936x + 0,7246	0,6287x + 0,8928	0,6187x + 0,9171	0,5564x + 1,0844	0,4138x + 1,4288	0,3115x + 1,6115
R²	0,6995	0,5518	0,4895	0,4272	0,3093	0,1945	0,1684
D	0,79	0,74	0,71	0,67	0,65	0,61	0,56
C	0,66	0,55	0,50	0,44	0,36	0,27	0,23

Na figura 10, encontram-se os dados de ETo obtida pelo método de Penman-Monteith para o período entre 26/12/2006 e 31/03/2007, obtidos através do modelo de previsão do tempo em comparação com os dados da estação. As respectivas análises estatísticas encontram-se na tabela 10.

Percebe-se que o desempenho do modelo de previsão foi bastante insatisfatório para todos os dias de antecedência. Entretanto, o índice de concordância mostrou-se razoável para os dois primeiros dias. O pequeno período analisado, ainda mais em uma época muito chuvosa, contribuiu para o mau desempenho do modelo na previsão da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith.

O mês de janeiro, em particular, foi bastante chuvoso no interior do Estado de São Paulo. Algumas localidades, como Votuporanga, registraram precipitações de mais de 500mm em apenas 31 dias. Por outro lado, o litoral paulista e a Grande São Paulo registraram precipitação abaixo da média. Entre os extremos está Piracicaba. Neste mês, essa localidade registrou quase 260mm de precipitação. A maior parte da chuva esteve associada com um sistema meteorológico conhecido por Alta da Bolívia. O

modelo de previsão do tempo superestimou este sistema, simulando muita nebulosidade e precipitação para todo o Estado de São Paulo. Inclusive, simulou um mês com precipitações bem acima da média na Grande São Paulo, algo que não se confirmou. Algo semelhante aconteceu com Piracicaba. O excesso de nebulosidade gerada pelo modelo de previsão do tempo subestimou o saldo de radiação diário em janeiro.

Entretanto, em março, observou-se um período um pouco mais seco e a estimativa do saldo total diário de radiação foi superestimada.

Os resultados mostrados na figura 10 e os índices estatísticos mostraram a grande dispersão entre os valores obtidos via modelo de previsão e via estação meteorológica. Desvios entre os valores obtidos pelas duas formas também foram observados em outros estudos, quando se trabalhou com o método de Penman-Monteith, com cálculos a partir do modelo de previsão. Arca et al. (2005), em seu estudo de quatro anos na Itália, obteve dispersão menor que a do presente estudo, mas deve-se ressaltar que aqueles autores utilizaram um modelo de previsão de mesoescala, cuja resolução é bem maior que a do GFS e, além disso, este modelo apresenta um prognóstico para até três dias.

Duce et al. (2000) também trabalharam com um modelo numérico de mesoescala de alta resolução, com grade de alguns quilômetros, para um período de até 70 horas para prognóstico de Eto pelo método de Penman-Monteith. Constataram que os maiores desvios entre os valores previstos e os observados com os dados da estação ocorriam devido ao mau prognóstico do balanço de energia, algo análogo ao encontrado por Arca et al.(2005). Mas Georger et al. (1985) chegou à conclusão de que o mau prognóstico da velocidade do vento era a principal causa dos desvios entre as Eto calculadas por prognósticos e por dados da estação.

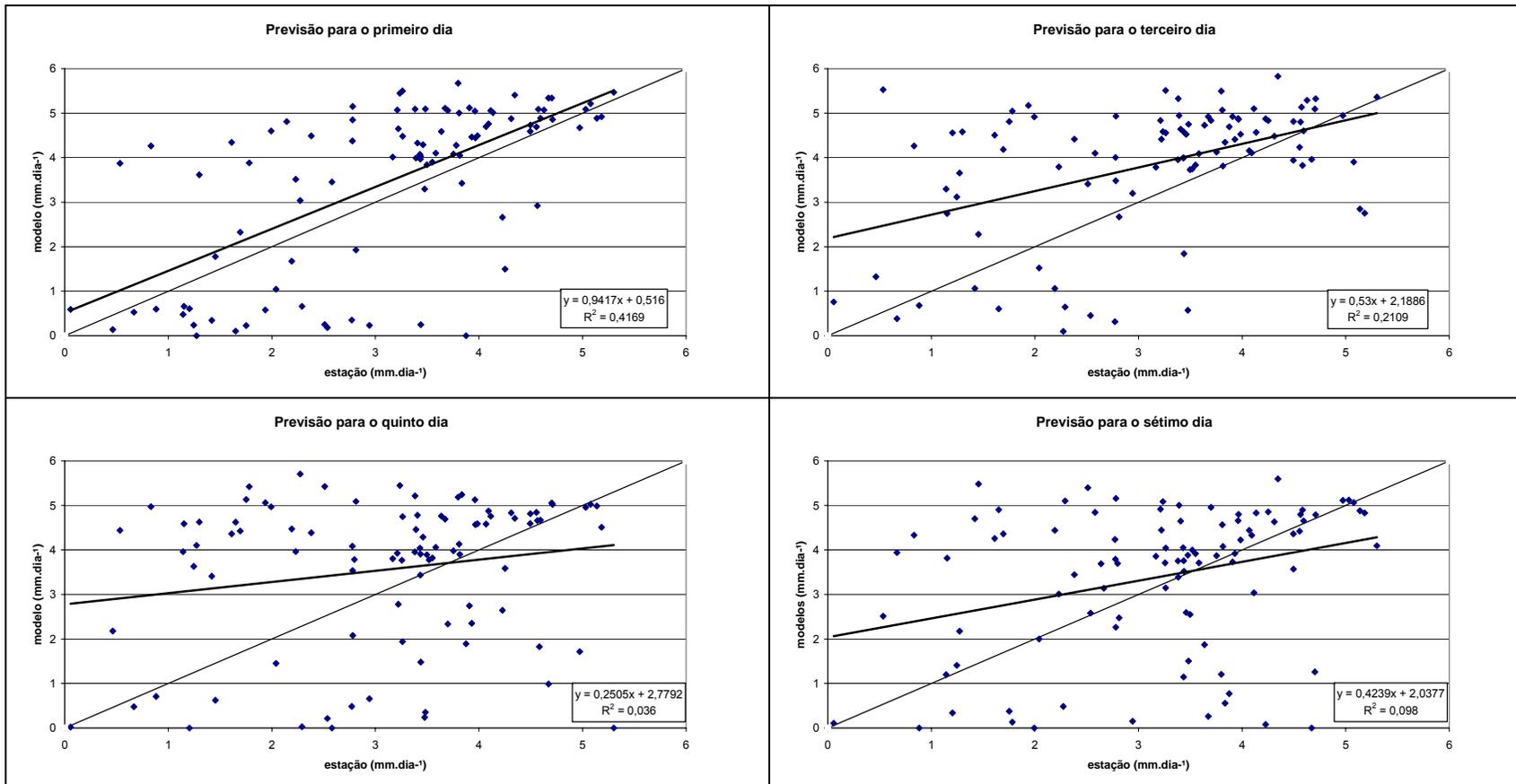


Figura 10 – Relação entre a evapotranspiração calculada pelo método de Penman Monteith pelos dados do modelo e pelos da estação meteorológica, para 1, 3, 5 e 7 dias de antecedência

Tabela 10 - Análise estatística para Evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith –
Período de 31/12/2006 a 31/03/2007

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
Regressão	0,9417x +	0,8329x +	0,53x +	0,5444x +	0,2505x +	0,1965x +	0,4239x +
	0,516	0,8902	2,1886	1,8189	2,7792	3,0304	2,0377
R²	0,4169	0,3995	0,2109	0,1796	0,036	0,0228	0,098
D	0,77	0,77	0,66	0,65	0,53	0,51	0,60
C	0,50	0,49	0,30	0,28	0,10	0,02	0,06

5 CONCLUSÕES

O desempenho do modelo de previsão do tempo para prognóstico das variáveis meteorológicas foi bastante heterogêneo, tanto para as variáveis em si, como para os períodos. A temperatura e o déficit de pressão de vapor tiveram melhor desempenho para o período seco, com "muito bom" e "bom" desempenho até o terceiro dia de antecedência para o déficit e até o quarto dia para a temperatura. Já para o período úmido somente o prognóstico do déficit de pressão de vapor do ar para o primeiro dia mostrou-se "bom".

O desempenho do modelo para o vento foi ruim para ambos os períodos e todos os dias de antecedência. Isto se repetiu para o saldo de radiação, com a ressalva de que foram analisados apenas três meses de dados para esta variável.

Verificou-se que a estimativa de ETo pelo método de Thornthwaite foi bastante concordante com o calculado a partir dos dados da estação meteorológica com antecedência de até três dias para o período seco. Já para o úmido, este fato foi observado apenas para o primeiro dia de antecedência.

A concordância entre os valores estimados pelo modelo e a partir da estação para o método de Penman-Monteith foi muito baixa, em consequência do desempenho do prognóstico para o saldo de radiação e vento.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage paper, 56).
- ARCA, B.; DUCE, P.; SNYDER, R.L.; SPANO, D.; FIORI, M. Use of numerical weather forecast and time series models for predicting reference evapotranspiration. **Acta Horticulturae**, Haia, n. 664, p. 39-46. 2005.
- BOUCHET, R.J. Évapotranspiration réelle, évapotranspiration potentielle, et production agricole. **Annales Agronomiques**, Paris, v.14, p.743-824, 1963.
- CAMARGO, A.P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.2, p.163-213, 1962
- CAMARGO, A.P. **Balço hídrico no Estado de São Paulo**. 3.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1971. 28p. (Boletim, 116).
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO M. B. P. Teste de uma equação simples de evapo(transpi)ração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3, 1983, Campinas, **Anais.....** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1983. p.229-244.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p. 89-97, 1997.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO M. B. P. Uma revisão da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.125-137, 2000.
- CARMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; Picini, A. G. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e super úmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7 n.2, p.251-257, 1999.
- DOORENBOS, J. PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: FAO, 1977, 179 p. (Irrigation and Drainage paper, 24).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage paper, 33).
- DUCE, P.; SNYDER, R. L.; SPANO, D.; Forecasting Reference Evapotranspiration. **Acta Horticulturae**, The Hague, 537, p.135-141, 2000.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from air temperature. **Transactions of ASAE**, Chicago, v.1, n.2, p.96-99, 1985.

HUGHES, KATHRYN; AVN-Based Statistical Forecast of Thunderstorms and Severe Thunderstorms. In: CAFTI Presentation. Disponível em <<http://www.nws.noaa.gov/tdl/synop/caftikkh/index.htm>> Acesso em 25 maio 2007.

JENSEN, M.E.; WRIGHT, J.L.; PRATT, B.J. Estimating soil moisture depletion from climate, crop and soil data. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph v.14, p. 954-959, 1971.

JOLLIFFE, IAN T.; STEPHERSON, DAVID B. **Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science**: John Wiley, 2003. 254 p.

MENDONÇA, P.V. Sobre o novo método de balanço hidrológico do solo de Thornthwaite-Mather. In: CONGRESSO LUSO-ESPANHOL PARA O PROGRESSO DAS CIÊNCIAS, 24, 1958. Madri. **Anais...** Madri, 1958. p.271-282.

MONAGHAN, A J.; BROMWICH, D. H.; WEI, H.L.; CAYETTE, A. M.; POWERS, J. G.; KUO, Y. H.; LAZZARA, M. H. Performance of Weather Forecast Models in Rescue of Dr. Ronald Shemenski from the South Pole in April 2001. **Weather Forecast**, Boston, v.18, p.142-160, 2003.

MORTON, F.I. Operational estimates of real evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.66, p.1-76, 1983.

ORTOLANI, A.A.; PINTO, H. S.; PEREIRA, A.R.; ALFONSI, R.R. **Parâmetros**

SMITH, M.; ALLEN, R.G.; MONTEITH, J.L.; PERRIER, A.; PEREIRA, L.; SEGEREN, A. **Report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements.** Rome:, UN-FAO, 1992. 5 p.

TANNER, C.B.; JURY, W.A. An estimating evaporation and transpiration from a row crop during incomplete cover. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, p.239-242, 1976.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v. 8, n.1).

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance.** Centerton: Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1957. 311p. (Publications in Climatology, v. 10, n.3).

TRAJKOVIC, S.; TODOROVIC, B.; STANKOVIC, M. Forecasting of reference evapotranspiration of artificial neural networks. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 129, n. 6, p.454-457, 2003.

WILLMOTT, C.J.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; ROWE, C.M.; ACKLESON, S.G.; O'DONNEELL, J. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. C5, p.8995-9005, 1985a.

WILLMOTT, C.J.; ROWE, C.M.; MINTZ, Y. Climatology of the terrestrial seasonal water cycle. **International Journal of Climatology**, London, v.5, p.589-606, 1985b.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)