

Investigação da Estrutura Multivariada da Evapotranspiração na Região Centro Sul do Ceará pela Análise de Componentes Principais

Eunice Maia de Andrade, Sidnéia Souza Silveira, Benito Moreira de Azevedo

Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, UFC - Caixa Postal 12168
60451-970 Fortaleza, CE - eandrade@ufc.br, sidneias@hotmail.com, benito@ufc.br

Recebido: 13/03/02 - revisão: 23/08/02 - aceito: 05/11/02

RESUMO

Este trabalho apresenta um critério para identificar e avaliar a importância das variáveis envolvidas no processo da evapotranspiração pelo uso da técnica de estatística multivariada, Análise de Componentes Principais. Esta técnica foi aplicada com o propósito de identificar a importância relativa das diferentes variáveis envolvidas na evapotranspiração em bacias hidrográficas da Região Centro Sul do Estado do Ceará. As análises foram desenvolvidas tendo por base séries mensais correspondentes ao período de cinco anos (1973-1977) dos municípios de Iguatu, Taná (Bacia do Alto Jaguaribe) e Quixeramobim (Bacia do Banabuiú). As séries históricas empregadas neste estudo foram fornecidas pela Estação Meteorológica da UFC e pelo 3º Distrito Meteorológico do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). A técnica da Análise de Componentes Principais demonstrou que um modelo com duas componentes é adequado para representar o processo da evapotranspiração na área estudada. Para as duas estações, de Iguatu e Taná, inseridas na Bacia do Alto Jaguaribe, o modelo explicou, respectivamente, 74% e 85% da variância total inserida no processo da evapotranspiração. Já, a Bacia do Banabuiú, estação de Quixeramobim, o modelo explicou 88% da variância total. Os resultados revelaram que as variáveis climatológicas investigadas com maior representatividade no processo da evapotranspiração foram: razão de insolação (n/N), velocidade do vento (V) e precipitação (PPT); enquanto a temperatura máxima do ar (T_{max}) e mínima do ar (T_{min}) apresentaram uma menor influência para a região do Centro Sul do Estado do Ceará.

Palavras-chave: evapotranspiração; análise multivariada; análise de fatores.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração (ET) é o parâmetro mais importante para se estimar as necessidades hídricas das plantas. A mesma é comumente usada para definir a perda de vapor d'água para atmosfera através de efeito combinado dos processos de evaporação da água das superfícies do solo e da planta, e de transpiração da água pela mesma (Doorenbos & Pruitt, 1977). Sendo aleatória a natureza dos eventos hidrológicos, eles podem ser medidos ou quantificados por variáveis, que apresentam uma alta inter-relação. A evapotranspiração (ET) é um fenômeno hidrológico multidimensional, uma vez que é afetada por variáveis climáticas como: precipitação, velocidade do vento, razão de insolação, umidade relativa, temperatura máxima, temperatura mínima, (Mohan & Arumugam, 1996). Além dos fatores climáticos, a evapotranspiração é influenciada pela própria cultura, sendo esta influência dependente da sua fase fenológica ou do seu nível de desenvolvimento. Este processo hidrológico também depende de fatores como: fertilidade do solo, conteúdo de água do solo, qualidade da água de irrigação (Israelsen & Hansen, 1965; Al-Khafaf et al., 1978).

Ter conhecimento dos efeitos relativos das variáveis no processo de evapotranspiração é de fundamental importância dentro do contexto da irrigação, em especial em regiões semi-áridas, visto que esta se caracteriza por um alto

déficit hídrico, requerendo, portanto, um uso racional do recurso água. A maior vulnerabilidade advém do clima e da carência de recursos hídricos.

O gerenciamento da irrigação no Ceará é prejudicado pela falta de informações do uso de água pelas culturas, pelo desconhecimento da evapotranspiração para a região e pela falta de tecnologia adequada para disseminar esse tipo de informação para os irrigantes (Brasil, 1998). Há, portanto, a necessidade de um melhor conhecimento das variáveis de maior relevância na estimativa da ET, para assim se fazer uma seleção mais adequada do modelo a ser aplicado na região.

A taxa de evaporação ou de evapotranspiração em uma certa área é determinada por dois fatores principais, sendo o primeiro a disponibilidade de umidade na superfície onde ocorre a evaporação e o segundo a capacidade da atmosfera de vaporizar a água, remover e transportar o vapor (Ayodade, 1996). O primeiro fator dependerá sempre da umidade disponível na superfície onde ocorre a evaporação e o segundo estará em função de diversos outros fatores climáticos, incluindo a radiação solar, a temperatura, a velocidade do vento e a umidade do ar (Pereira et al., 1997).

Com base nos dados da Região Centro Sul do Estado do Ceará, foi desenvolvido um estudo com o objetivo de identificar quais variáveis meteorológicas apresentam uma maior influência no processo de ET na região. Para tanto,

foi aplicada a técnica de estatística multivariada, Análise de Componentes Principais, para investigar sua estrutura multivariada em relação às variações climáticas em curto prazo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo envolve a Região Centro Sul do Ceará, Estado que se localiza na porção setentrional do Planalto Atlântico Brasileiro, ocupando uma área de 142.016 km², o que corresponde a 9,6% da Região Nordeste e 2% do país. O trabalho foi desenvolvido com base em dados de três estações meteorológicas localizadas nas Bacias do Alto Jaguaribe (Tauá e Iguatu) e do Banabuí (Quixeramobim). Os municípios de Tauá e Quixeramobim apresentam clima de classificação semi-árida, enquanto que o de Iguatu está localizada em zona de clima subtropical chuvoso.

Para se avaliar a estrutura multivariada da ET foram consideradas as seguintes variáveis: temperatura máxima do ar (T_{\max}) e mínima do (T_{\min}), precipitação (PPT), umidade relativa (UR), velocidade do vento (V) e razão de insolação (n/N). Os dados foram fornecidos pelo 3º Distrito de Meteorologia do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e pela Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará. As séries empregadas eram constituídas por dados mensais correspondentes a um período de cinco anos (1973 a 1977). Foram observadas falhas para os meses de março a agosto no ano de 1977 para a variável temperatura mínima. O preenchimento das falhas ocorreu com a normal respectiva de cada mês.

Neste estudo, utilizou-se apenas uma estação meteorológica por bacia em decorrência da escassez de estações meteorológicas completas existentes no Estado do Ceará, e também, devido à dificuldade no fornecimento dos dados por parte dos órgãos do governo, executando-se esta pesquisa apenas com as informações disponíveis. O uso de apenas uma estação por bacia gera limitações, uma vez que a estação passa a ser representativa de grandes extensões geográficas e os efeitos dos acidentes geográficos ou da ação antrópica sobre o meio podem não ser detectados.

O estudo para identificação das variáveis mais importantes para a evapotranspiração fundamentou-se na aplicação de um modelo de estatística multivariada, Análise de Componentes Principais (ACP), através do qual pode-se identificar as variáveis de maior expressão dentro do processo de ET. Todas as análises foram computadas pelo programa estatístico SPSS, versão 7.0. O desenvolvimento do referido modelo foi composto pelas seguintes etapas:

Normalização dos dados originais

Um dos problemas mais comuns, encontrado na aplicação de modelos estatísticos multivariados, é que estes são dependentes das unidades e escalas em que as variáveis fo-

ram medidas (Nathan & McMahon, 1990). A solução padrão para este problema é a normalização dos dados, ou seja, média igual a zero ($\mu = 0$) e variância igual a um ($\sigma = 1$). Uma vez que, neste estudo, as variáveis apresentavam unidades e escalas distintas, a matriz dos dados originais foi normalizada pela relação:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S_i} \quad (1)$$

onde X_{ij} representa o valor observado da j -ésima repetição da i -ésima variável, \bar{X}_i representa a média da variável i , S_i representa o desvio padrão da variável i e Y_{ij} representa a observação normalizada da j -ésima repetição da i -ésima variável.

Elaboração da matriz de correlação

Tendo por base os dados normalizados, foi construída a matriz de correlação [R] ($p \times p$), para p igual a 6. Esta matriz representa a base para a transformação das variáveis ortogonais observadas em fatores. A matriz de correlação foi calculada pela equação:

$$R = \frac{1}{n-1} \left(D^{-\frac{1}{2}} S D^{-\frac{1}{2}} \right) \quad (2)$$

sendo $D^{-\frac{1}{2}}$, uma matriz diagonal (6×6):

$$S = X_d' X_d$$

onde S é a matriz dos quadrados das médias normalizadas; X_d' a matriz transposta de X_d ; X_d a matriz normalizada dos dados.

Maiores esclarecimentos do referido assunto podem ser encontrados em Dillon & Goldstein (1984).

Adequacidade do modelo

Para se testar a validade do modelo de análise de fator para este estudo, aplicou-se o teste desenvolvido por Kaiser (1974), e citado por Norusis (1990). Os intervalos de validade de aplicação do modelo de acordo com o referido teste, estão presentes na Tabela 1.

O referido teste fornece um índice utilizado para comparar a magnitude dos coeficientes de correlação simples observados em relação às magnitudes dos coeficientes de correlação parcial. A validade do modelo é computada pela seguinte equação:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum a_{ij}^2} \quad (3)$$

onde r_{ij} é o coeficiente de correlação simples entre as variáveis i e j , e a_{ij} é o coeficiente de correlação parcial entre as variáveis i e j . Se a soma dos coeficientes de correlação parcial ao quadrado entre todos os pares de variáveis for pequena quando comparada à soma dos coeficientes de correlação simples ao quadrado, as medidas de KMO serão próximas de 1, indicando não haver nenhuma restrição ao uso do modelo. Valores pequenos de KMO ($< 0,5$) indicam que o modelo de análise de fatores não é uma boa solução para esta base de dados.

Extração do número de componentes e comunalidades de cada variável

Neste estudo, o número de componentes extraídas seguiu os preceitos apresentados por Norusis (1990), os quais afirmam que se devem considerar somente as componentes com variância superior a um, e fundamenta-se no fato de que qualquer fator deve explicar uma variância superior àquela apresentada por uma simples variável. A comunalidade expressa a variância referente a cada variável, que pode ser explicada pelos fatores correspondentes desta variável. Seu valor varia de 0 a 1, e é estimado pela equação:

$$VX_{ij} = \sum C_{ij}^2 \quad (4)$$

onde VX_{ij} é a variância referente à variável X_{ij} e C_{ij} representa o valor da componente referente à variável X_{ij} .

Isso significa que VX_{ij} explica a variância contida na variável X_{ij} explicada pelas componentes que compõem o modelo.

Extração dos fatores de cada componente

O objetivo da técnica de extração de fatores empregada nesta pesquisa foi determinar os fatores representativos do processo da evapotranspiração. Os fatores foram estimados pela análise de componentes principais, a qual é formada por combinações lineares das variáveis observadas.

O modelo matemático para análise de fatores é um pouco semelhante a uma equação linear de regressão múltipla, onde cada variável é expressa como uma combinação linear de fatores, os quais não são observados de fato (Norusis, 1990).

A expressão algébrica do modelo de análise de fatores para a i -ésima variável normalizada é:

$$X_i = A_{i1}F_1 + A_{i2}F_2 + \dots + A_{ik}F_k + U_i \quad (5)$$

onde os F 's expressam os fatores comuns das variáveis, o U representa o erro experimental, e os A 's representam os pesos atribuídos aos fatores F . O modelo assume que o erro experimental não tem correlação com os fatores comuns, e estes são oriundos das variáveis observadas e são calculados

Tabela 1. Intervalos do teste Kaiser-Meyer-Olkin para se avaliar a aplicação do modelo.

Valor de KMO	Aplicação do modelo
$KMO > 0,9$	Excelente
$0,8 < KMO < 0,9$	Ótima
$0,7 < KMO < 0,8$	Boa
$0,6 < KMO < 0,7$	Regular
$0,5 < KMO < 0,6$	Medíocre
$KMO < 0,5$	Inadequada

como combinações lineares. A expressão geral para a estimativa do k -ésimo fator F_k é:

$$F_k = \sum_{i=1}^p W_{ki} X_i = W_{k1} X_1 + W_{k2} X_2 + \dots + W_{kp} X_p \quad (6)$$

onde W representa o coeficiente de contagem de cada fator, e p é o número de variáveis.

Transformação dos fatores

Mesmo com a matriz das componentes obtidas na fase de extração, onde o resultado descreve a relação entre os fatores e as variáveis individuais, às vezes, esse resultado é de difícil interpretação como consequência dos valores atribuídos ao fator. Para se equacionar este problema, foi elaborada a rotação de fatores, a qual transforma a matriz inicial em uma de mais fácil interpretação, uma vez que os novos valores atribuídos aos pesos de cada fator poderão ser distintos dos valores médios, facilitando assim a identificação das variáveis de maior peso. Autores como Norusis (1990) mostraram que a rotação não afeta o valor de ajuste de uma solução de fator. Ou seja, embora a matriz de fatores sofra alterações, a comunalidade e a percentagem de variância total explicadas não sofrem alterações.

Entre os dois modelos de rotação de fatores (ortogonal e oblíquo) inseridos no pacote estatístico SPSS (versão 7.0), usou-se o primeiro, devido a sua maior simplicidade. Na rotação ortogonal a orientação original entre os fatores é preservada, ou seja, os fatores após a rotação continuam ortogonais. O método aplicado neste estudo foi o da rotação Varimax, com o objetivo de se conseguir uma nova matriz composta por fatores que apresentassem pesos com valores próximos a um ou zero, eliminando os valores intermediários, os quais dificultam a interpretação dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da matriz de correlação para as seis variáveis analisadas em cada bacia, são apresentados na Tabela 2. Os coeficientes de correlação das variáveis de cada ba-

Tabela 2. Resumo dos resultados das bacias.

Bacias	Coeficientes de Correlação	Variáveis	KMO
Iguatu	54,0%	UR V	0,610
Tauá	80,0%	UR V	0,691
Quixeramobim	86,6%	UR V	0,764

UR - umidade relativa; V - velocidade do vento.

cia apresentaram valores absolutos superiores a 0,3 em 54,0%, 80,0% e 86,6% das combinações totais ocorridas para as bacias do Iguatu, Tauá e Quixeramobim respectivamente. Tal fato expressa um alto índice de inter-relação entre as variáveis meteorológicas aqui avaliadas. As variáveis que apresentaram os mais altos coeficientes de correlação foram umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (V), sendo comum para as três bacias. Tais resultados expressam a homogeneidade da região em relação às variáveis que influenciam no processo da ET.

Na mesma tabela, pode-se observar os valores do teste de adequacidade KMO, indicando que o modelo apresentou uma regular adequacidade tanto para a Bacia de Iguatu ($KMO = 0,618$), como para a de Tauá ($KMO = 0,691$). Já para a Bacia de Quixeramobim, a adequacidade do modelo foi classificada como boa ($KMO = 0,764$). Com base nestes dados, pode-se usar o modelo com segurança, uma vez que restrições se fazem presentes quando KMO apresenta valor inferior a 0,5, ou seja, inadequado.

Na Tabela 3, apresentam-se resultados que indicam que um modelo com duas componentes foi adequado para representar os dados empregados e explicar, respectivamente, 73%, 85% e 88% da variância total para as Bacias Iguatu, Tauá e Quixeramobim, concentrando em duas dimensões as informações anteriormente diluídas em seis variáveis. O modelo foi composto unicamente por duas componentes, tendo como base os princípios descritos por Norusis (1990), ou seja, considerar somente aquelas componentes que apresentassem um autovalor superior a um. Observa-se, também, que a primeira componente responde por mais de 50% para as três bacias, e para a bacia de Quixeramobim a primeira componente detém mais de 70% da variância total.

As comunalidades e os pesos de cada variável para as componentes 1 e 2 são apresentados na Tabela 4, onde a comunalidade expressa a variância referente a cada variável. Aquelas com valores próximos a 1 indicam que a variância foi explicada pelos fatores comuns. Os valores atribuídos antes e após a rotação ou transformação dos fatores também estão presentes nesta tabela. A rotação foi aplicada com o objetivo de confirmar ou reduzir o número de variáveis com pesos elevados.

Tabela 3. Resultados dos autovalores, variâncias e variâncias acumuladas das bacias estudadas.

Bacias	Compo- nentes	Autovalor (Variância)	Variância (%)	Var. Acumul. (%)
Iguatu	1	3,002	50,04	50,04
	2	1,421	23,68	73,72
	3	0,984	16,40	90,12
	4	0,354	5,90	96,02
	5	0,162	2,69	98,71
	6	0,077	1,28	100,00
Tauá	1	3,65	60,84	60,84
	2	1,47	24,47	85,31
	3	0,39	6,55	91,86
	4	0,28	4,69	96,56
	5	0,16	2,73	99,29
	6	0,04	0,70	100,00
Quixer- mobim	1	4,24	70,67	70,67
	2	1,08	18,05	88,72
	3	0,36	6,01	94,73
	4	0,24	4,00	98,74
	5	0,04	0,74	99,48
	6	0,03	0,52	100,00

Analizando os fatores após a rotação, percebe-se que, em relação à componente 1, as variáveis de maior importância para região em estudo foram razão de insolação (n/N); velocidade do vento (V); precipitação anual (PPT) e umidade relativa do ar (UR). Embora a razão de insolação tenha sido a variável que apresentou o menor fator para a estação de Iguatu, foi também a variável que expressou o maior fator para as estações de Tauá e Quixeramobim (Tabela 4). Tal fato pode ser decorrência da classificação climática das regiões onde estão localizadas as estações. A estação de Iguatu se encontra situada em uma área que o clima, segundo a classificação de Köopen, é Aw' (tropical chuvoso), enquanto as outras duas estações estão localizadas em regiões de clima BSw'h' (Semi-árido com precipitações de outono). Resultados semelhantes foram encontrados por Mohan & Arumugam (1996).

Para a região de Iguatu, as variáveis de maior significância foram velocidade do vento (V), precipitação anual (PPT) e umidade relativa (UR), sugerindo que estas três variáveis apresentam uma maior influência no processo da ET em clima tropical chuvoso, encontrado na Região Centro Sul do Ceará. Outro ponto a ser considerado, é a existência do açude do Orós (capacidade de dois bilhões de metros cúbicos), distanciado de apenas 20 km da estação meteorológica. Já para as outras duas estações (Tauá e Quixeramobim) a variável razão de insolação (n/N) foi a que apresentou um maior peso para o fator 1, seguida pela velocidade do vento (V), precipitação anual (PPT) e umidade relativa (UR), sugerindo que a variável razão de insolação apresenta uma maior influência no processo de evaporação nas áreas de clima semi-árido.

Tabela 4. Valores das componentes antes e depois de executada a rotação da componente.

Bacias	Variáveis	Comunalidade	Componentes antes da rotação		Componentes após rotação	
			1	2	1	2
Iguatu	n/N	0,096	0,209	0,228	-0,116	0,287
	PPT	0,751	-0,802	0,329	0,866	0,027
	T _{max}	0,931	0,841	0,472	-0,623	0,737
	T _{min}	0,931	-0,037	0,964	0,372	0,890
	UR	0,851	-0,913	-0,130	0,810	-0,442
Tauá	V	0,863	0,879	-0,301	-0,926	0,026
	n/N	0,876	0,830	-0,433	0,933	-0,071
	PPT	0,690	-0,801	0,220	-0,823	-0,113
	T _{max}	0,942	0,875	0,421	0,638	0,731
	T _{min}	0,969	0,233	0,957	-0,163	0,971
Quixeramobim	UR	0,850	-0,895	-0,221	-0,736	-0,556
	V	0,791	0,836	-0,302	0,888	0,051
	n/N	0,778	0,713	-0,519	0,882	-0,009
	PPT	0,794	-0,814	0,363	-0,873	-0,176
	T _{max}	0,973	0,949	0,270	0,616	0,770
	T _{min}	0,933	0,571	0,779	0,013	0,966
	UR	0,937	-0,967	0,037	-0,810	-0,531
	V	0,907	0,952	0,001	0,775	0,554

n/N – razão de insolação; PPT – precipitação; T_{max} – Temperatura máxima do ar; T_{min} – Temperatura mínima do ar; UR – umidade relativa do ar e V – velocidade do vento.

Em relação à temperatura máxima do ar (T_{max}) e mínima do ar (T_{min}), pode-se observar que ambas apresentaram os menores fatores para as três estações, sugerindo que as demais variáveis apresentam uma maior significância na definição das variáveis de relevância para a estimativa da ET na região estudada. Para a componente 2 as variáveis T_{max} e T_{min} foram as que apresentaram os fatores mais elevados, sugerindo, portanto, serem estas duas variáveis significativas nesta componente. Tais resultados expressam que equações empregadas na estimativa da ET, que tenham como base somente a temperatura devem ser usadas com cautela nas regiões aqui estudadas.

Analizando as duas componentes, após a rotação, pode-se afirmar que as variáveis com alto peso na componente 1 apresentam uma estreita correlação com o déficit da pressão de vapor do ar (Tabela 4), o qual é responsável pelo gradiente que impulsiona o processo da ET; portanto foi aqui denominado como componente de gradiente da pressão de vapor. Para a componente 2 as variáveis, temperatura máxima do ar (T_{max}) e temperatura mínima do ar (T_{min}) apresentaram um maior peso, principalmente para as estações que se localizam em áreas de clima semi-árido; identificando este fator como uma componente de temperatura. Estes resultados, de uma maneira geral, revelam que o processo da ET nas regiões estudadas é o efeito acumulativo da componente de gradiente de pressão e de temperatura; sendo a componente do gradiente de pressão de vapor a mais importante, uma vez que a mesma explica proporcionalmente a maior variabilidade. O processo de ET na região é representado

por duas componentes, sendo 1 – o gradiente da pressão de vapor d'água do ar 2 – temperatura do ar.

CONCLUSÕES

A importância das variáveis climáticas envolvidas no processo da evapotranspiração foi avaliada através da técnica multivariada, Análise de Componentes Principais, aplicada a estações meteorológicas da região Centro Sul do Estado do Ceará. A aplicação desta técnica revelou que o processo da ET para a área estudada é governado basicamente por duas componentes, sendo a primeira a do gradiente da pressão de vapor do ar e a segunda a da temperatura do ar. Para a região de clima tropical chuvoso (Iguatu), as variáveis de maior significância foram velocidade do vento (V), e umidade relativa (UR). Já para as outras duas estações, Tauá e Quixeramobim, localizadas na região de clima semi-árido, a variável razão de insolação (n/N) foi a que apresentou um maior peso para o fator 1, seguida pela precipitação anual (PPT) e velocidade do vento (V). Também, ficou evidenciado que as temperaturas (máximas do ar, T_{max}, e as mínimas, T_{min}) são as variáveis mais importantes da segunda componente, independente da classificação climática da região. Finalmente, pode-se concluir que equações para estiva da ET, com base apenas na temperatura, devem ser usadas com cautela para a Região Centro Sul do Estado do Ceará, uma vez que a temperatura não se mostrou como uma variável de maior relação na estimativa da ET da região em estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 3º Distrito de Meteorologia do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e a Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará pela concessão dos dados empregados neste estudo.

REFERÊNCIAS

- AL-KHAFAF, S.; WIERENGA, P. J. & WILLIAMS, B. C. (1978). Evaporative flux from irrigated cotton as related to leaf area index, soil water, and evaporative demand. *Agronomy Journal*, vol.70, p.912-916, nov/dez.
- AYODADE, J. O. (1996). *Introdução à climatologia para os trópicos*. 4º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.332.
- BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (1998). *Oportunidade de investimento em agricultura irrigada no Estado do Ceará*. Brasília, DF, 21p. Projeto Novo Modelo de Irrigação.
- DILLON, W. R. & GOLDSTEIN, M. (1984). *Multivariate analysis*. John Willey & Sons, p.587.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W. O. (1977). Guidelines for predicting crop water requirements. FAO, Technical note 24, Roma, p.114.
- ISRAELSEN, O. W. & HANSEN, V. E. (1965). *Principios y aplicaciones del riego*. 2º ed. Barcelona, p.395.
- MOHAN, S. & ARUMUGAM, N. (1996). Relative importance of meteorological variables in evapotranspiration: factor analysis approach. *Water Resources Management*, India, vol.10, p.1-20.
- NATHAN, R. J. & MCMAHON, T. A. (1990). Identification of homogeneous regions for the purposes of regionalization. *Journal of Hydrology*. Amsterdam, vol.121, p.217-238.
- NORUSIS, M. J. (1990). *SPSS Base System User's Guide*. Chicago, p.520.
- PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V. e SEDIYAMA, G. C. (1997). *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ, p.183.

Investigation of the Evapotranspiration Multivariate Structure in the Middle-South Region of Ceará State: Approach by Principal Components Analysis

ABSTRACT

A criterion to identify and to evaluate the importance of variables involved in the evapotranspiration process using the multivariable analysis technique, Principal Component Analysis, is presented. This technique was applied in this study to identify the relative importance of variables involved in the evapotranspiration process in Ceará State, Brazil. Analyses were developed based on monthly series in a five-year period (1973-1977) from stations located in the Iguatu, Taná (Alto Jaguaribe Watershed) and Quixeramobim (Banabuiú Watershed) counties. The data used in this study were supplied by the Meteorological Station of CCA/UFC and the 3rd Meteorological District of INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). The Principal Component Analysis showed that a model with two components is able to represent the evapotranspiration process in the area studied. For the region located in the Alto Jaguaribe Basin, the model accounted for 74% and 85% of the total variance present in the evapotranspiration process. For the Banabuiú Basin, the model accounted for 88% of the total variance. The results of the study show that sunshine duration (n/N), wind speed (V) and annual rainfall depth (PPT), are the variables with greatest influence on the evapotranspiration process, in that order. The maximum air temperature (T_{max}) and minimum air temperature (T_{min}) variables have been found to have less influence on the ET process.

Key-words: evapotranspiration; multivariate data; principal component analysis.