CARACTERIZAÇÃO DA SECA AGRONÔMICA ATRAVÉS DE NOVO MODELO DE BALANÇO HÍDRICO, NA REGIÃO DE LAGUNA, LITORAL SUL DO ESTADO DE SANTA CATARINA

HUGO JOSÉ BRAGA

Orientador: Dr. NILSON AUGUSTO VILLA NOVA

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia - Área de
Concentração - Agrometeorologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro, 1982

À memória de meu pai

A minha mãe

A minha esposa Rosane

A meu filho Rodrigo

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O autor expressa os mais sinceros agradecimentos:

Ao Prof.Dr. Nilson Augusto Villa Nova, pela orientação e dedicação no desenvolvimento do presente trabalho, além da amizade e colaboração durante todo o curso.

Aos demais professores do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ, que contribuíram para a minha formação profissional.

Ao Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA/SP, através do Setor de Física de Solos, em especial ao Dr. Paulo Leonel Libardi, pela colaboração e amizade.

À Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária - EMPASC, em especial ao seu presidente, Dr. José Oscar Kurtz pela oportunidade e apoio na realização do Curso de Pós-Graduação.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/MA, através do 8º DISME.

iii.

Aos colegas, Arno Bernardo Heldwein, Antonio José Parente de Carvalho, Engler José Lobato, Ana Maria Gonzales e demais colegas do Curso de Agrometeorologia.

As funcionárias, Áurea Benedita Michelotto e Ana M.da Silva, do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ, pela amizade e colaboração durante o Curso de Pós-Graduação.

Aos demais funcionários deste e outros Departamentos da ESALQ, pela colaboração durante o Curso.

Agradecemos ainda a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

Í N D I C E

	Pág.
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1. Local de Estudo	30
3.2. Dados Disponíveis	30
3.2.1. Dados Climáticos	30
3.2.2. Caracterização dos Solos	32
3.3. Caracterização da Água Disponível no Solo	38
3.4. Determinação da Evapotranspiração Potencial (ETP) ou de Referência (ET _o)	38
3.5. Balanço de Água no Solo e Determinação dos "Dias Secos"	45
3.5.1. O Balanço Hídrico Seriado Diário Modifica- do (BHM)	46
3.6. Probabilidade de Ocorrência de "Dias Secos"	59
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1. Local de Estudo e Dados Meteorológicos	61
4.2. Caracterização dos Solos e Água Disponível	62

4.3. Evapotranspiração Potencial (ETP) ou de Referência (ETo)	71
4.3.1. Simplificação do Termo "Energia" da Equação de PENMAN (1948)	71
4.3.2. Simplificação do Termo "Aerodinâmico"	74
4.3.3. A Equação Simplificada de PENMAN	79
4.4. Contabilização dos Dias Secos Consecutivos	82
4.5. Seqüências de Dias Secos por Períodos Anuais, Trimestrais, Mensais, e Quinzenais	89
4.6. Probabilidade Teórica de Ocorrência de um "Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos" por período Quinzenal, Mensal e Trimestral	92
5. CONCLUSÕES	126
6. LITERATURA CITADA	131
APÊNDICES	141

LISTA DE TABELAS

Tabela Nº		Pág.
1	Grupo de Culturas de acordo com a perda de Água do Solo (a) e Fração P para Grupos de Culturas e Evapotranspiração Potencial-ETP (b)	36
2	Valores diversos de CAD e correspondentes Valores de Coeficientes angulares (b) da Equação Original de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para Cálculo do Armazenamento de Água no Solo	53
3	Exemplo Hipotético do Balanço Hídrico Seriado Diário Modificado (BHM) utilizado para estudo e caracterização da Seca Agronômica, através de conceito de "Dias Secos".....	54
4	Densidade Global e Níveis de Umidade por Volume- (cm^3/cm^3) nos solos "Tubarão", "J.Machado", "Morro da Fumaça" e "Ararangua" e nas camadas de 0-30 cm; 30-60 cm e 60-100 cm, para diferentes tensões de Umidade no Solo (ψ_m).....	64
5	Capacidade de Água Disponível Máxima-CAD em mm de altura d'água até as profundidades de 30 cm, 60 cm e 100 cm para os Solos "Tubarão", "J. Machado", "Morro da Fumaça" e "Ararangua", entre as tensões de 0,1-15 atm. e 0,3-15 atm	69
6	Valores do Fator β , para cada mês e ano, seus desvios padrões (DP), coeficientes de variação (CV%) e Número de meses ou anos utilizados(N)..	75
7	Valores do Fator β corrigidos, para cada mês e ano seus desvios padrões(DP), coeficientes de	

	variação(CV%) e número de meses ou anos utilizados (N)	78
8	Valores da Evapotranspiração Potencial-ETP, calculados pelo método simplificado(X) e pelo de PENMAN (1948) (Y), parâmetros a e b da equação de regressão entre ambos, coeficiente de determinação (r^2) e Teste T, entre os meses de cada ano da série de 26 anos	83
9 a 11	Valores dos coeficientes de determinação (r^2) das equações $PL=a+bD$, onde D, significa o número mínimo de dias secos consecutivos observados e PL é a probabilidade empírica de ocorrência de D, marcada numa escala linear, probabilidade linear, paralela à escala do papel de probabilidade, para as CADs estudadas e por período quinzenal, mensal e trimestral	97 a 98

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº		Pág.
1	Mapa com a localização da Região de Laguna, Litoral Sul, com suas delimitações políticas e isolinhas de deficiência hídrica anual de 25 a 125 mm	31
2	Mapa da Área abrangida do estudo com a ocorrência e localização dos principais solos. Baseado na Carta de Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Santa Catarina (1981)	34
3	Relação entre o Armazenamento da Água no Solo e o Negativo Acumulado (N), pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) e o modificado neste trabalho, para uma CAD de 50 mm	49
4	Evapotranspiração Relativa (ETR/ETP), versus porcentagem de Água Disponível Máxima (CAD) no solo, em função de quatro valores do Fator P....	58
5	Curvas características das camadas 0-30 cm, 30-60 cm e 60-100 cm, para o solo "Tubarão"	65
6	Curvas características das camadas 0-30 cm, 30-60 cm e 60-100 cm, para o solo "J. Machado"	66
7	Curvas características das camadas 0-30 cm, 30-60 cm e 60-100 cm, para o solo "Morro da Fumaça"	67
8	Curvas características das camadas	

	0-30 cm, 30-60 cm e 60-100 cm, para o solo "Ara- ranguã"	68
9	Papel de probabilidade onde foram marcados os números mínimos de dias secos consecutivos (ab- cissas) e suas probabilidades empíricas de ocor- rência (ordenada à esquerda) e obtenção dos va- lores correspondentes às probabilidades em es- cala linear-PL (ordenada à direita)	94
10 a 19	Probabilidade Teórica de ocorrer um dado número mínimo de dias secos consecutivos em cada quin- zena de cada mês do calendário e para 18 mm, 38 mm, 50 mm, 100 mm e 175 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima-CAD	103 a 112
20 a 24	Probabilidade Teórica de ocorrer um dado número mínimo de dias secos consecutivos, para cada mês do calendário e para 18 mm, 38 mm, 50 mm, 100 mm e 175 mm de Capacidade de Água Disponível Máxi- ma-CAD	113 a 117
25 a 27	Probabilidade Teórica de ocorrer um dado número mínimo de dias secos consecutivos, para cada trimestre do ano e para 18 mm, 38 mm, 50 mm, 100 mm e 175 mm de Capacidade de Água Disponível Má- xima-CAD	118 a 120
28 a 32	Número Mínimo de dias secos consecutivos espe- rados em cada quinzena de cada mês do calendá- rio, aos níveis de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 80% de Probabilidade Teórica, para 18 mm, 38 mm, 50 mm, 100 mm e 175 mm de CAD	121 a 125

CARACTERIZAÇÃO DA SECA AGRONÔMICA ATRAVÉS DE NOVO MODELO DE
BALANÇO HÍDRICO, NA REGIÃO DE LAGUNA, LITORAL
SUL DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Autor: Hugo José Braga

Orientador: Prof.Dr. Nilson Augusto Villa Nova

RESUMO

No presente trabalho estuda-se o problema da ocorrência da seca agronômica na Região de Laguna, Litoral Sul do Estado de Santa Catarina.

A caracterização da seca agronômica efetivou-se pelo critério de "dias secos consecutivos" determinados através de um novo modelo de balanço hídrico, desenvolvido a partir da junção de diversos métodos, teorias e critérios existentes, como aqueles utilizados por VAN BAVEL e WILSON(1952), VAN BAVEL (1953), THORNTWHAITE e MATHER (1955), DENMEAD e SHAW (1962) e FAO (1979).

Para aplicação desse modelo, utilizaram-se os níveis de capacidade de água disponível máxima de 18 mm, 38 mm, 50 mm, 100 mm e 175 mm, obtidos pela amostragem de quatro solos ocorrentes na região em estudo, em três profundidades básicas, fazendo-se a determinação das suas curvas características de água.

O método desenvolvido, denominado de Balanço Hí-

dríco Modificado (BHM) e a caracterização da seca agrônômica correspondente, levaram em consideração não apenas o teor de umidade no solo, mas também o conceito de água livremente disponível, como função da demanda atmosférica e da espécie vegetal.

Para a obtenção da evapotranspiração potencial - ETP, como elemento de estimativa da perda d'água da superfície vegetada para a atmosfera, utilizou-se da equação de PENMAN simplificada, segundo metodologia usada por VILLA NOVA e OMETTO (1981), depois, de modificada e adaptada de acordo com os parâmetros mensais pertinentes à região em estudo. Dessa forma, estimou-se a ETP média diária para cada mês e ano da série de 26 anos utilizada (1955-1980).

Após verificar-se que as frequências do número mínimo de dias secos consecutivos apresentavam distribuição normal, a partir das contagens dos "dias secos consecutivos", obtiveram-se as probabilidades teóricas de ocorrência de um dado número mínimo de dias secos consecutivos por períodos quinzenais, mensais e trimestrais.

De posse das relações entre as probabilidades teóricas e o número mínimo de ocorrência de "dias secos consecutivos" (Retas), obtiveram-se gráficos apresentado o número mínimo de dias secos possíveis de ocorrer em cada quinzena de cada mês do calendário, para cada CAD, aos níveis de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 80% de probabilidade teórica.

Verificou-se, assim, que os períodos que apresenta

tam maior severidade quanto a seca agronômica, correspondem aos meses da primavera-verão, ou seja, outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, mesmo para solos com uma capacidade de água disponível máxima-CAD de 175 mm, na região estudada.

CHARACTERIZATION OF AGRICULTURAL DROUGHT THROUGH A NEW MODEL OF
WATER BALANCE, IN THE REGION OF LAGUNA, SOUTHERN COAST
OF THE STATE OF SANTA CATARINA, BRAZIL

Author: Hugo José Braga

Adviser: Prof.Dr. Nilson Augusto Villa Nova

SUMMARY

In the present work a study was made of the problem of occurrence of agricultural drought in the region of Laguna, southern coast of the State of Santa Catarina, Brazil.

The agricultural drought characterization was carried out by the criterion of "consecutive drought-days", determined through a new model of water balance, developed from several existing methods, theories and criteria, such as those utilized by VAN BAVEL and WILSON(1952), VAN BAVEL(1953), THORNTHWAITE and MATHER (1955), DENMEAD AND SHAW (1962) and FAO(1979).

For the application of this model, the total available soil water storage levels of 18 mm, 38 mm, 50 mm, 100 mm and 175 mm were utilized, which were obtained by sampling of 4 soils in the region under study, at 3 basic depths, through determination of the characteristic curves of soil water.

The method developed, denominated Modified Water Balance, and the characterization of the corresponding agricultural drought, considered the soil moisture and the concept of

freely available water, as a function of atmospheric demand and plant species.

For the obtention of Potential Evapotranspiration as a factor for estimating the loss of water of the vegetation-covered surface to the atmosphere, PENMAN's simplified equation was utilized, according to the methodology used by VILLA NOVA and OMETTO (1981) and adapted to the monthly parameters for the region under study. Thus, the mean daily of Potencial Evapotranspiration was estimated for each month and year in the 26 - year series utilized (1955-1980).

After verifying that the frequencies of the minimum number of consecutive drought days showed a regular distribution, and from counts of consecutive drought days, the theoretical probabilities were obtained for occurrence of a given minimum number of consecutive drought days for periods of 15 days, 1 month and 3 months. Through the relations between the theoretical probabilities and the minimum occurrence of consecutive drought days (straights), graphs were obtained showing the minimum number of expected drought days in each 15-day period of every calendar month, for each CAD, at 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% and 80 % levels of theoretical probability.

Thus, it was found that the periods in which agricultural drought was most severe correspond to the spring-summer months, i.e., October, November, December, January, February and March, even for soils with CAD = 175 mm in the region studied.

1. INTRODUÇÃO

Em função das condições climáticas assumirem certa variabilidade no tempo, as atividades agrícolas estarão sempre sujeitas à altos riscos de insucessos. Aliado a esse fato, a modernização da nossa agricultura, impulsionada pela maior demanda de alimentos, é investida de pesadas aplicações de recursos aumentando ainda mais o risco de frustrações econômicas.

Por essas razões, cresce a necessidade do estudo das condições agroclimáticas limitantes aos empreendimentos agrícolas, com objetivo principal de minimização desses riscos.

Um dos fatores climáticos de maior importância agrícola e de alta variabilidade é a precipitação pluviométrica, principal supridor das necessidades hídricas das plantas. Mesmo em regiões úmidas e sub-úmidas a sua má distribuição pode causar seca agrônômica com prejuízos variados, constituindo-se uma das principais fontes de risco agrícola.

Dessa maneira, a caracterização da seca agrônômica, através de estudos de probabilidade, é de grande importân-

cia para se definir as melhores épocas de plantio, escolha de cultivares adequadas, avaliação de riscos, necessidades de água para irrigação, previsão de colheitas, enfim como estudo básico para decisões de um melhor planejamento agrícola.

O Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina, realizado em 1978, através do método do Balanço Hídrico de THORNTHWAITE e MATHER (1955), mostrou que o litoral sul desse Estado apresenta isolinhas de deficiência hídrica anual de até 125 mm, para um solo com uma capacidade de armazenamento ou retenção de água máxima - CAD - de 75 mm.

Embora a região, pela classificação climática de KÖEPPEN, mostre um clima mesotérmico úmido, sem estação seca, ocorrem deficiências hídricas em certas épocas do ano, seja pela baixa capacidade de retenção dos solos, por má distribuição de chuvas ou também devido a alta demanda atmosférica.

Considerando que essa característica assume papel importante na limitação das atividades agrícolas, principalmente nas épocas de primavera e verão, estudos mais detalhados sobre o balanço hídrico, nessa área, fazem-se necessários, pois os clássicos balanços hídricos mensais realizados em termos de normais climatológicas não parecem ser suficientes para fornecer uma visão mais realística deste processo.

O presente trabalho tem por escopo a caracterização da ocorrência da seca sob o aspecto agrícola, através da determinação das probabilidades (risco) de ocorrência da seca agrônômica, pelo critério de "dias secos consecutivos" por pe-

ríodos quinzenais, mensais, trimestrais e anual, na região de Laguna, Litoral Sul do Estado de Santa Catarina.

Para a caracterização da seca agronômica, desenvolveu-se um método de balanço de água no solo, através da junção de diversos métodos, teorias e critérios existentes, como os utilizados por VAN BAVEL e WILSON (1952), VAN BAVEL (1953), THORNTWHAITE e MATHER (1955), DENMEAD e SHAW (1962) e FAO (1979).

O método desenvolvido denominado de Balanço Hídrico Modificado (BHM) e a caracterização da seca agronômica correspondente, levam em consideração, não apenas o teor de umidade no solo, mas também o conceito de água livremente disponível como função da demanda atmosférica e da espécie de cultura.

Para a obtenção da Evapotranspiração Potencial (ETP), como elemento de estimativa da perda d'água da superfície vegetada para a atmosfera, utilizou-se da equação de PENMAN simplificada, segundo metodologia usada por VILLA NOVA e OMETTO (1981), depois de modificada e adaptada de acordo com os parâmetros específicos pertinentes à região em estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O conhecimento da perda de água pelas superfícies naturais, seja por evaporação ou transpiração, é de extrema importância nos diversos ramos do conhecimento científico. A água disponível no solo para a utilização das diversas plantas cultivadas é um dos principais elementos promotores de crescimento, desenvolvimento e produção final das mesmas. A avaliação das quantidades deste elemento é de importância ímpar nos estudos dos regimes hídricos locais e regionais.

A principal fonte de suprimento de água para as plantas é, sem dúvida, advinda das precipitações pluviométricas, fenômeno este de grande variabilidade; dificultando sobremaneira seu estudo e predição.

Numerosos trabalhos têm sido conduzidos internacionalmente no sentido de se determinar o consumo e utilização de água pelas plantas, seu armazenamento no solo e disponibilidade.

Segundo CHANG (1968), muitos métodos para a deter

minação da umidade do solo foram desenvolvidos nos últimos tempos, podendo ser divididos em duas categorias:

a) Medidas de Tensão de Umidade

b) Medidas de Conteúdo de Água

No primeiro grupo são incluídos os métodos elêtricos e os tensiômetros. No segundo, o método de secagem em estufa (Gravimétrico) é usado, embora trabalhoso e o método de dispersão de Neutrons (Sonda de Neutrons).

Entretanto, nenhum dos métodos disponíveis presentemente, de medida de umidade do solo, é satisfatório para a rotina de campo usada pelo agricultor. Mesmo quando em trabalhos de pesquisa, os métodos em geral são dispendiosos e consomem muito tempo de operação e interpretação, muitas amostras sendo necessários para a confiabilidade estatística.

Por essas razões, pelo progresso atingido na determinação e estimativas da evapotranspiração, conduziu ao deenvolvimento da técnica do balanço hídrico como um método de se estimar a umidade do solo. Esta metodologia apresenta baixo custo dos equipamentos envolvidos, simplicidade de medidas e razoável precisão dos resultados.

A metodologia do balanço hídrico, num volume de controle de solo, tem sido apresentada por vários autores ROSE, 1966; HOLMES *et alii*, 1967; BARROS FERRAZ, 1972; REICHARDT, 1975) onde seus componentes (precipitação, irrigação, deflúvio su-perficial, drenagem profunda e evapotranspiração) são governa-

dos pela lei da conservação das massas. Nessas condições, a equação do Balanço Hídrico é assim apresentada:

$$\int_{t_1}^{t_2} (p + i - e \pm q_L - r) dt = \int_0^L \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial \theta}{\partial t} dt \cdot dz$$

que desdobrada transforma-se em:

$$\int_{t_1}^{t_2} p dt + \int_{t_1}^{t_2} i dt - \int_{t_1}^{t_2} e dt \pm \int_{t_1}^{t_2} q_L dt - \int_{t_1}^{t_2} r dt = \int_0^L \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial \theta}{\partial t} dt \cdot dz$$

onde p , i , e , q_L e r são fluxos (LT^{-1}); e θ , representa a umidade volumétrica do solo (cm^3 de água . cm^3 de solo).

Desenvolvendo fica:

$$P + I - ET \pm Q_L - R = \Delta A$$

onde:

P = precipitação pluviométrica por unidade de área e por tempo;

I = quantidade de água por unidade de área que chega à superfície, em forma de irrigação;

ET = quantidade de água por unidade de área que sai da superfície do solo, na forma de Evapotranspiração;

Q_L = quantidade de água por unidade de área que passa através do limite inferior do volume de solo na profundidade $Z=L$, denominada de percolação ou drenagem profunda quando negativo e ascensão capilar quando positivo.

R = quantidade de água que chega à superfície do solo, através da precipitação ou irrigação, a qual não é infiltrada, denominada de deflúvio superficial.

ΔA = quantidade de água armazenada no solo por unidade de área

ou variação de armazenagem, durante um intervalo de tempo.

Se a capacidade de armazenamento de umidade de um solo é conhecida, a equação do balanço de água pode ser resolvida pela comparação da precipitação e da água de irrigação com a evapotranspiração. Em se tratando de operação agrícola, o balanço hídrico diário é preferido, embora a computação semanal possa apresentar, essencialmente, os mesmos resultados.

Conforme cita BERLATO e MOLION (1981), a evapotranspiração potencial, como um dos principais componentes do balanço de água, é de grande utilidade em climatologia, quer em classificações climáticas, quer para a quantificação das disponibilidades hídricas regionais, através de um cotejo com a precipitação e variação da água no solo.

A perda de água de um solo úmido ou de um reservatório de água é um processo controlado por leis físicas, enquanto que a perda de água por uma planta é limitada por fenômenos biológicos. Conforme cita SHANG (1968), evapotranspiração é a combinação da evaporação da superfície do solo e da transpiração das plantas. Negligenciando-se a quantidade de água usada nas atividades metabólicas, evapotranspiração é o mesmo que o "uso conjuntivo" de água pelas plantas.

PENMAN (1956), citado por SHANG (1968), definiu a evapotranspiração potencial como a "quantidade de água transpirada na unidade de tempo por uma cultura verde, sombreando completamente o solo, de altura pequena e uniforme e nunca sofrendo falta de água".

Evapotranspiração potencial ou de referência é a evapotranspiração ocorrente de uma superfície vegetada com grama batatais (*Paspalum notatum* L.) bem provida de umidade, em fase de desenvolvimento ativo e com a bordadura adequada, conforme cita VILLA NOVA *et alii* (1980).

Existem muitos métodos de medidas ou de estimativas da evaporação e evapotranspiração citados pela literatura.

Os métodos de medidas indiretas ou diretas de evaporação e evapotranspiração utilizam-se de vários tipos de tanques (classe A, GGI-3000) e de lisímetros. Séries de medidas de evapotranspiração e evaporação, praticamente não existem entre nós, para cada região ou condição climática.

BERLATO e MOLION (1981), apresentaram uma série de métodos utilizados na estimativa da evaporação e evapotranspiração, assim classificando-os:

- a) Método do Balanço Hídrico;
- b) Método do Balanço Hídrico combinado com o Balanço de Energia;
- c) Métodos Micrometeorológicos:
 - c.1. Método do Balanço de Energia;
 - c.2. Método do Transporte de Massa;
 - c.3. Método Aerodinâmico;
 - c.4. Método da "correlação turbulenta" (Eddy Correlation Method);
 - c.5. Método de Resistências;
 - c.6. Método Combinado (PENMAN)

d) Métodos Empíricos:

- d.1. Equação de THORNTHWAITE;
- d.2. Equação de BLANEY e CRIDDLE;
- d.3. Equação de TANNER e PELTON;
- d.4. Equação de MAKKINK;
- d.5. Equação de JENSEN-HAISE;
- d.6. Equação de PRIESTLEY e TAYLOR;
- d.7. Equação de LINACRE

Esses diversos métodos, muitos apresentam dificuldades inerentes, prestando-se apenas à trabalhos de pesquisa.

Segundo VILLA NOVA *et alii* (1980), os principais métodos climatológicos de estimativa de evapotranspiração de referência ou potencial recomendados pela FAO são:

- a) Método do Tanque Classe A;
- b) Método da Radiação Solar;
- c) Método Combinado (PENMAN).

O enfoque meteorológico para estimar a evapotranspiração potencial tem inúmeras vantagens. Os dados meteorológicos são mais disponíveis do que medidas de umidade do solo e estimativas, a partir de dados meteorológicos, são facilmente realizáveis. Os máximos rendimentos das plantas cultivadas somente são obtidos quando não ocorrem limitações, principalmente no que tange ao suprimento de água e, consequentemente, as estimativas de evapotranspiração potencial são valiosas para propormos a irrigação e para interpretar os resultados de

muitos experimentos agronômicos, MOTA e BIERSDORF (1976).

Para a estimativa da evapotranspiração potencial, os dois métodos mais largamente usados em todo o mundo, tem sido o de PENMAN (1948) e o de THORNTHWAITE (1948), segundo HOUNAM (1971), citado por MOTA e BIERSDORF (1976).

O método de PENMAN, também chamado de método combinado, pois associa o balanço de energia com a aproximação aerodinâmica foi publicado pela primeira vez em 1948. A Equação de PENMAN (1948), é assim expressa:

$$ETP = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} \cdot \frac{R_n}{59} + E_a}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1}$$

onde:

ETP = Evapotranspiração Potencial (mm/dia);

R_n = Saldo de radiação (Radiação líquida disponível ao meio), expresso em unidades de evaporação ($L \approx 590 \text{ cal.g}^{-1}$).

γ = Constante psicrométrica (p/psicrometro ventilado $\approx 0,49 \text{ mmHg } ^\circ\text{C}^{-1}$).

$\Delta = \frac{de}{dt}$ = Coeficiente angular da curva que relaciona tensão de saturação de vapor e temperatura ($\text{mmHg } ^\circ\text{C}^{-1}$).

E_a = Termo aerodinâmico, função do deficit de saturação do ar e da velocidade do vento dado por:

$$E_a = 0,35(1 + 0,54V_2) (e_s - e_a)$$

V₂ = velocidade do vento a dois metros de altura, em metros por segundo;

e_s = tensão de saturação do vapor d'água na temperatura do ar (mmHg);

e = tensão atual de vapor (em mmHg);

$e_s - e$ = deficit de saturação (em mmHg).

O método de THORNTHWAITE é baseado em equação empírica, derivada de dados de evapotranspiração medida em evapotranspirômetros e em bacias hidrográficas, com dados de temperatura média diária e da duração do dia, CAMARGO (1966). É assim apresentada:

$$ETP = 1,6(10 Ta/l)^a$$

onde:

ETP = Evapotranspiração potencial para um mês de 30 dias de 12 horas cada um (cm)

Ta = Temperatura média mensal do ar ($^{\circ}\text{C}$);

l = Índice anual de calor, igual a soma de 12 índices "i";

$$\text{onde } i = \left(\frac{Ta}{5}\right)^{1,514}$$

a = uma função cúbica de l, dado por:

$$a = 675 \times 10^{-9} l^3 - 771 \times 10^{-7} l^2 + 179 \times 10^{-4} l + 0,492$$

A ETP dada pela equação citada deve ser ajustada para o nº de dias do mês e para o comprimento do dia, valores tabelados em função da latitude.

Conforme experimentos conduzidos por CHANG(1968) e JENSEN (1973) demonstram que o método de PENMAN é o melhor na estimativa da ETP.

ORTOLANI *et alii* (1966), procederam correlações entre valores decendiais de Evapotranspiração potencial estimados pelo método de PENMAN e THORNTHWAITE com dados medidos em evapotranspirômetros em Ribeirão Preto, Estado de São Paulo.

Os dados resultantes demonstraram maior correlação para o método de PENMAN ($r = 0,95$) que para o de THORNTHWAITE ($r = 0,84$).

Segundo MOTA (1975), a equação de THORNTHWAITE deve somente ser usada para períodos mensais, pois não fornece estimativas razoáveis para períodos menores. Funciona melhor em climas semelhantes, ao local em que ela foi definida, isto é, regiões continentais temperadas. Apesar das suas limitações e devido ao fato de usar apenas a temperatura média, que é universalmente disponível, esta fórmula é muito útil em regiões desprovidas de outras informações meteorológicas.

Segundo CAMARGO (1966), a equação de THORNTHWAITE apresentou, nas condições do planalto paulista, resultados mensais muito próximos dos obtidos por medição nos evapotranspirômetros (Lisímetros).

Evidências experimentais pelo mundo todo têm comprovado a superioridade da equação de PENMAN, PRUITT (1960) na Califórnia, PELTON e TANNER (1960) em Wisconsin, STANHILL (1960) em Israel, CHANG (1961) no Havaí, DENMEAD e SHAW (1962) em Iowa, CHAPAS e REES (1964) na Rodésia, MOTA e BEIRSDORF (1975) em Pelotas/RS e DOOREMBOS e PRUITT (1975).

Segundo VAN BAVEL e WILSON (1952), a principal desvantagem da equação de PENMAN é que é complicada e que necessita de dados de clima disponíveis apenas em poucos locais. Esta fórmula, entretanto, está baseada sobre uma exata teoria e pode ser usada como um controle independente sobre valores obtidos diferentemente.

Alguns autores afirmam que o método de PENMAN não parece dar bons resultados para estimativas diárias, sendo recomendadas para períodos de 5 ou mais dias. Entretanto, TANNER e PELTON (1960), em análises exaustivas de comparação do método de PENMAN com o método do Balanço de Energia detalhado, concluíram que a aproximação de PENMAN é válida para estimar a evapotranspiração potencial para períodos curtos, como um dia.

Segundo VILLA NOVA (1973), a equação de PENMAN adaptada para nível horário permite uma muito boa estimativa de evapotranspiração nos períodos em que sejam observadas condições de evapotranspiração mínima.

A precisão do método de PENMAN para períodos curtos depende em grande parte, da precisão com que é medido ou estimado o saldo da Radiação (R_n) e o Fluxo de calor para o solo (S), BERLATO E MOLION (1981).

De acordo ainda com PELTON *et alii* (1960), determinações da (ETP) evapotranspiração potencial indicaram que não pode ser confiada, para uso geral, a média de temperatura na estimativa de evapotranspiração durante períodos curtos. Os métodos que utilizam a temperatura média podem ser usados com limitado sucesso para períodos longos, como estação de crescimento e anual, na estimativa da ETP. O método que usam do Balanço de Energia são preferíveis, se dados de radiação forem disponíveis. A defasagem entre radiação líquida e temperatura ^{com} e a advecção são as principais fontes de erro no método de THORNTHWAITE e dos demais métodos que usam a temperatura média no cálculo da

ETP. As correlações entre radiação líquida e evaporação e entre radiação líquida e temperatura média deixam de existir por períodos curtos. Assim, a temperatura média não é uma medida adequada de energia disponível para ser usada na evapotranspiração.

VILLA NOVA e OMETTO (1981), propuseram uma simplificação do método de PENMAN (1948), constando do seguinte:

- a) Simplificação do termo "energia" através de um estudo de correlação entre o balanço de energia diária (H), a constante solar (Q_0) e a razão de insolação (n/N);
- b) Simplificação do termo aerodinâmico, estimando-o através da EVAPORAÇÃO PICHE, de maneira similar àquela proposta por STANHILL (1962), BROCHET e GERBIER (1972) e OMETTO (1974), eliminando o parâmetro velocidade de vento, medida pouco usual.
- c) Resolução gráfica da equação assim simplificada, tornando muito simples a sua utilização.

Encontraram as seguintes equações de estimativa da evapotranspiração potencial para o Estado de S. Paulo:

Período Primavera-Verão:

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \left[Q_0 (0,19 + 0,23 \, n/N) \right] + 0,28 \, E_p$$

Período Outono-Inverno:

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \left[Q_0 (0,17 + 0,11 \, n/N) \right] + 0,28 \, E_p$$

Sendo:

ETP = Evapotranspiração Potencial em mm/dia;

Q_0 = Radiação Solar no topo da atmosfera (ausência da atmosfera), dependendo da latitude e época do ano (mm/dia);

Δ = Tangente à curva de saturação de vapor (mmHg/°C);

γ = Constante psicométrica (mmHg/°C);

n = Insolação ou horas de brilho solar medida pelo heliografo do posto meteorológico (horas e décimos/dia);

N = Insolação teórica máxima, função da latitude e época do ano, obtida por tabelas (horas e décimos/dia);

E_p = Evaporação Piche à Sombra (mm/dia).

Esta metodologia desenvolvida permite uma melhor adaptação do método em regiões onde existem dados medidos de balanço de energia e evapotranspiração potencial. STANHILL (1962) para Israel, correlacionando, em base semanal, o termo aerodinâmico $(\frac{\Delta}{\Delta+\gamma} \cdot E_a)$ com a evaporação dada pelo evaporímetro de Piche, constatou valor bastante alto ($r = 0,89$).

MOTA e BEIRSDORF (1976), utilizando a metodologia descrita por STANHILL (1962), determinaram, também, correlações com a evaporação de Piche para o cálculo do termo aerodinâmico da equação de PENMAN.

Segundo LEMON *et alii* (1957) a evapotranspiração é função do solo, da planta e parâmetros meteorológicos. Os autores demonstraram através de experimentos com algodão, que a evapotranspiração não pode ser predita estritamente sobre bases de variáveis meteorológicas; que a tensão de umidade do so

lo não governa sozinha a água perdida pelas plantas; que as próprias plantas exercem, direta ou indiretamente, variáveis restrições sobre o sistema de transferência de água.

DENMEAD e SHAW (1962), trabalhando com a cultura do milho em experimentos de vaso e campo em Iowa (E.E.U.U.), sob condições de irrigação e evaporação mostraram que: sob condições de evapotranspiração potencial (ETP) de 3 a 4 mm/dia a taxa de evapotranspiração atual (ETa) caiu abaixo da ETP para valores médios da tensão da água do solo de, aproximadamente, -2 atm; para uma ETP de 6 a 7 mm/dia a queda da e vapotranspiração atual ou real (ETa) verificou-se para uma ten são de apenas -0,3 atm; para uma ETP inferior a 1,4 mm/dia a queda da ETa ocorreu somente por tensões superiores a -12 atm. A conclusão achada pelos experimentos conduzidos por estes au tores é de que a relação entre as taxas de evapotranspiração e a quantidade de umidade no solo, variam com diferentes deman das atmosféricas; resolvendo a controvérsia concernente ao pa pel da umidade do solo na evapotranspiração surgida com diversas teorias apresentadas por THORNTWAITE (1948), VEIHMEYER e HENDRICKSON (1955), PIERCE (1958) e BAHRANI e TAYLOR (1961).

Muitos outros trabalhos foram desenvolvidos por diversos autores como: LEMON *et alii* (1957), LETEY e BLANK (1961), EAGLEMAN e DECKER (1965), GAVANDE e TAYLOR (1967), MIL^L LAR e GARDNER (1972) e AL-KHAFAF *et alii* (1978), os quais rea firmam as conclusões de DENMEAD e SHAW (1962). Segundo EAGLEMAN e DECKER (1965), a taxa de evapotranspiração potencial é

governada apenas pelas condições meteorológicas. A evapotranspiração real é, entretanto, influenciada pela disponibilidade de água no solo e pela demanda evaporativa do ar.

Sabe-se que a relação entre a evapotranspiração e a tensão de umidade no solo depende de muitos fatores, como a textura do solo, profundidade do sistema radicular, condutividade hidráulica do solo, densidade da vegetação e condições atmosféricas, CHANG (1968).

Segundo DAKER (1973), apesar da disponibilidade de água para as plantas ser função de um processo dinâmico, envolvendo o complexo sistema solo-planta-atmosfera é, em muitos casos, necessário adotar-se critérios baseados em conceitos estáticos, como o teor de umidade e potencial da água no solo. Os casos mais correntes da utilização do conceito estático de água no solo são para propósitos de irrigação de áreas, para projetos desta natureza, bem como definir estados de umidade do solo, abaixo dos quais, as plantas têm sua produtividade altamente comprometida.

O conceito de "capacidade de campo" é definido, segundo VEIHMEYER e HENDRICKSON (1949), como a quantidade de água armazenada no solo, após o seu excesso ter sido drenado e a taxa de movimento descendente de água ter praticamente cessado, o que ocorre usualmente, 2 ou 3 dias após uma chuva ou irrigação em solos permeáveis de estrutura e textura uniformes, citado por DAKER (1973).

O Ponto de Murcha Permanente (PMP) é definido por

PETERS (1965), como a percentagem de água de um solo, quando as plantas desenvolvidas neste solo atingem uma condição de murcha e não mais recobram a turgidez, quando colocadas em uma atmosfera saturada.

Segundo RICHARDS (1955), a umidade retida pelo solo ao potencial de -15 atmosferas é igual ao limite inferior da faixa de umidade do solo, onde é possível o crescimento vegetativo das plantas.

GATES e HANKS (1967), citados por RITCHIE e BURNETT (1971), apresentaram os fatores específicos que influenciam a evapotranspiração de comunidades de plantas, como sendo: espécie de planta, refletividade da luz pelas plantas, população de plantas, espaçamento e orientação de plantas nas fileiras, altura, profundidade e extensão das raízes e estágio de crescimento.

RITCHIE e BURNETT (1971), em experimentos com algodão e sorgo grãoífero, durante a estação de crescimento, concluíram que a relação entre a evapotranspiração real e a ETP (ETR/ETP) aumenta com o incremento do índice de área foliar (IAF).

Experimentos com milho conduzidos por FRITSCHEN e SHAW (1961), mostraram que a taxa de evapotranspiração é pequena no estabelecimento da cultura, aumentando até a planta ter atingido 1,30 m, aproximadamente; permanecendo com uma mesma taxa até atingir a maturação.

NANKEN *et alii* (1968), trabalhando com a cultu-

ra do algodão, observaram que, em 3 níveis diferentes de umidade do solo (úmido, moderado e seco), a taxa de evapotranspiração manteve-se no mesmo nível ou com pouco incremento até atingir 20 a 30% da estação de crescimento. Deste ponto, aumentam significativamente até atingir um máximo em torno de 70%, decrescendo, então para valor mínimo. Verificaram, também, que os tratamentos mais úmidos consumiram mais água. Outros trabalhos desta natureza, conduzidos por SCARDUA (1970) e por MATZENAUER (1980) com a altura do milho, chegaram a seguinte conclusão: "A taxa de evapotranspiração é menor no início do ciclo, aumenta progressivamente até atingir valores máximos durante o subperíodo - 50% do período do pendramento - 75% do espigamento, declinando, após, até a maturação fisiológica".

JENSEN (1973) afirma que, quando a cultura atinge a maturação, a taxa de transpiração pode decrescer rapidamente, especialmente em culturas cujas folhas e caules secam rapidamente. Quando isto ocorre, a relação entre ETR/ETP decresce a 0,2 ou menos.

O crescimento vegetal, a transpiração e a resistência à perda de água pelos vegetais, tem grande importância nos estudos de balanço hídrico e consumo de água pelos vegetais, sendo regulados pelos elementos climáticos e pela disponibilidade de água no solo, BRUNINI (1975).

KRAMER (1963) afirma que o crescimento dos vegetais é controlado diretamente pelos potenciais de água no solo; essa afirmativa é compartilhada por VAN BAVEL (1967), o qual ob-

servou que as mudanças na resistência à perda de água pelos vegetais, são regulados pelo teor e potencial da água no solo e pela demanda atmosférica.

KOWAL e KASSAN (1973), analisando o consumo de água por plantas de milho, concluíram que a eficiência de uso da água por esse vegetal é função do consumo de água pelas plantas e do potencial de água no solo. Afirmam ainda, que a taxa de crescimento foi reduzida quando o potencial de água no solo estava abaixo de $-0,5$ bar.

Note-se que a bibliografia é bastante extensa no que tange a caracterização da umidade do solo e, conseqüentemente, a seca agrícola é tarefa que envolve diversos parâmetros de solo, planta e condições atmosféricas.

Segundo LEVITT *et alii* (1960), seca é a potencialidade do ambiente para influenciar a perda d'água da planta.

Muitos trabalhos têm sido conduzidos nos diversos continentes, no sentido de desenvolver uma metodologia para caracterização do déficit de umidade no solo ou de seca (conceito agrônômico).

Devido a complexidade da interação solo/planta//atmosfera, o estudo da umidade do solo fica difícil, trabalhoso e envolvendo equipamentos sofisticados, sendo normalmente, conduzidos em pequenas áreas ou mesmo anível de laboratório.

Desta forma, grandes simplificações foram introduzidas nos diversos métodos no intuito de ter-se resultados razoáveis e de poucos recursos envolvidos.

Assim, muitos autores tem caracterizado a seca por meio, simplesmente, da precipitação pluviométrica.

BLUMENSTOCK (1942), citado por BARGER e THOM (1949.a), considerou que uma série de dias secos terminava, no momento que 2,5 mm de chuva ou mais fosse registrada, durante um período menor do que 48 horas. Para a agricultura, esta definição de seca ou estiagem tem pouca ou nenhuma significância, pois a ocorrência de 2,5 mm de chuva não muda apreciavelmente as condições de umidade do solo.

BARGER e THOM (1949.a), desenvolveram um critério para caracterização da intensidade da seca em milho baseado na associação de certa quantidade mínima total de chuva com o intervalo de tempo de um estágio da altura, ou seja, a quantidade de precipitação mínima que permitirá o normal desenvolvimento do milho, durante um período do ciclo da cultura. Correlações entre a máxima deficiência de chuvas e desvio da produção normal de milho nos locais estudados mostraram que, para anos no qual, condições de seca ocorreram, de 25 a 60% do total da variação na produção foi explicado por este critério. O termo seca empregado neste estudo refere-se ao período específico de tempo durante o qual a quantidade total de chuva registrada é insuficiente para promover uma produção normal para o local em cultivo. Para avaliar a intensidade de seca para cada localidade (Região) basta saber-se a probabilidade de ocorrência da quantidade de precipitações, durante o período estudado.

LAWRENCE (1957), trabalhando com equações matemá

ticas, estimou a seqüência de "Chuvas e Dias Secos". Definiu "Dias Secos" como sendo a seqüência de dias com zero, traços ou 0,1 mm de precipitação registrada.

DECKER (1957), definiu como dia seco (climatologicamente) como um dia com menos de 5 mm de chuva. O mesmo, faz uma distinção entre dia seco encarado climatologicamente, como sendo o dia sem precipitação ou uma insignificante quantidade e dia seco encarado sob o aspecto da planta, como sendo a exaustão da quantidade de suplemento para a planta da água do solo. O limite de 5 mm, foi escolhido arbitrariamente, pois representa a aproximada quantidade de água usada rapidamente pela evapotranspiração da planta em um dia de verão.

AMIR *et alii* (1977), usaram como critério para caracterizar dia seco, quando a quantidade de chuva foi menor do que 2,5 mm.

Muitos autores tem-se utilizado apenas do parâmetro precipitação para tentarem caracterizar a seca, como: BARGER e THOM (1949.b), MALLIK (1959), HARGREAVES (1974) e MEDHI (1976).

A utilização dos métodos climatológicos de balanço de água no solo para estimativa das necessidades de irrigação e os estudos de ocorrências de secas, tem facilitado suas determinações, principalmente em áreas de grandes extensões e carentes de informações e recursos. O conceito de planejamento de irrigação e de ocorrência de dias secos (sob aspecto agrícola) usando dados climáticos não é novo, THORNTWHAITE (1946),

PENMAN (1949.a, 1949.b e 1952), SCHOFIELD (1950), VAN BAVEL e WILSON (1952), VAN BAVEL (1953), BAVEL (1954), MATHER (1954), PRUIT e JENSEN (1955), PIERCE (1960), MORETTI (1965), JENSEN *et alii* (1971) e SCÂRDUA (1979).

Entretanto, este método não tem sido adotado para uso prático geral ou extensivamente testado previamente, JENSEN *et alii* (1971).

VAN BAVEL e WILSON (1952), baseando-se em método proposto inicialmente por THORNTHWALTE (1946) e trabalhos similares de PENMAN (1949.a e 1949.b) e SCHOFIELD (1950), definiram um critério para estimar o momento de irrigação para a cultura do fumo. A metodologia consistia de um simples balanço climático da água no solo, determinando-se a sua umidade em um dado tempo através de meios indiretos da contagem da diferença entre a adição de água no solo e sua perda. A perda da umidade pelo solo seria advinda da evapotranspiração potencial. Os autores definiram o problema da seguinte forma: "Se a quantidade de água adicionada para o solo for conhecida e se a quantidade total de evapotranspiração potencial diária for conhecida também, um simples procedimento de cálculo pode ser usado para determinação do suprimento disponível da água no solo, em qualquer tempo". Quando este suprimento reduz-se ou aproxima-se de zero, valores estes correspondentes às tensões de água no solo que as plantas apresentam um apreciável decréscimo no crescimento, desenvolvimento e produção final, há necessidade de fornecimento de água.

Um ano mais tarde, VAN BAVEL (1953), trabalhando com a cultura do Fumo, utilizando-se da mesma metodologia de balanço de água no solo, definiu um critério para avaliação de incidência de "dias secos".

Definiu "Dia Seco" como sendo o período de 24 horas, começando na hora do dia anterior no qual a precipitação foi registrada, no qual o "Stress" de umidade do solo excedia um certo limite, definido sobre bases de evidências experimentais, sendo tomado como um ponto no qual o processo produtivo da planta é apreciavelmente diminuído. A caracterização dos "dias secos" para a estação de crescimento da cultura do Fumo, seguiram os seguintes critérios:

- Considerou a profundidade média das raízes do Fumo de 20 cm e um limite inferior de tensão de água no solo de 800 cm;
- Para as condições médias do solo até 20 cm, foi assumido que o solo continha 43 mm d'água disponível entre a capacidade de campo e tensão de 800 cm de água;
- A evapotranspiração potencial foi determinada através da equação de THORNTHWAITE (1948) com ajuda da média mensal diária da temperatura do ar para o período estudado (105 dias);
- Assumiu que no primeiro dia do período estudado, o solo encontrava-se com a máxima disponibilidade de água (43 mm). Desse valor, a evapotranspiração potencial média diária para o período foi sendo subtraída diariamente e a precipitação somada;
- Valores de precipitação que excederam a capacidade de armazenamento

namento do solo (43 mm) foram canceladas, bem como uma eventual quantidade negativa, não sendo subtraída do dia subsequente;

- O dia em que o valor do armazenamento foi zero ou negativo, foi marcado como "dia seco" e registrado;
- Depois de determinado o total de "dias secos" para o período estudado, definiu a frequência destas ocorrências, dos quais, traçou curvas de probabilidade empírica de ter mais de certo número de dias secos.
- O limite inferior de tensão de água no solo, assumido como 800 cm, foi definido experimentalmente como o valor ou limite no qual uma redução apreciável no desenvolvimento e crescimento e produção da planta foi verificada.

A água disponível ou armazenamento foi definido através de estudo prévio das características físicas do solo, dos quais, foi construída a curva característica de umidade do solo (umidade x tensão de água) e determinada a densidade aparente.

Ficou também demonstraram, que a utilização da evapotranspiração potencial mensal média diária de vários anos de observações (série) é uma medida muito satisfatória, e que a utilização de dados anuais, individualmente de Evapotranspiração potencial não tem justificado em termos de ganho de precisão, sem contar o maior trabalho que daria o cálculo desta forma.

A seca, assim avaliada, tem um verdadeiro caráter agrônomo e é um método adequado de medida do clima e solo

lo e para prever condições ótimas de umidade do solo. Os resultados obtidos através deste método podem ser usados diretamente, através de cálculos, para achar as necessidades de suplementar irrigação, bem como o tamanho adequado de reservatório de água para uma dada localidade, cultura e solo.

Sob a orientação de VAN BAVEL, numerosos trabalhos de caracterização da estiagem, usando o critério de "dia seco", foram realizados em diversos Estados da América do Norte como: Virginia, Carolina do Norte, Carolina do Sul, Georgia e Alabama.

MATHER (1954), utilizando também a aproximação climatológica de balanço de água do solo de THORNTHWAITE (1946) e VAN BAVEL (1953), determinou o curso anual de água disponível no solo à diferentes níveis de probabilidade (10, 50 e 90%) para a localidade de Seabrook, N.J. O autor descreve ainda que o método de computação de umidade do solo, através de dados climáticos, não é um procedimento de fácil realização. O método fornece, apesar de requerer uma certa generalização geográfica e aproximações, razoáveis resultados.

THORNTHWAITE e MATHER (1955) propuseram um balanço de água semelhante ao descrito por VAN BAVEL (1953), apenas, introduzindo o conceito de que a evapotranspiração da água retida abaixo da capacidade de campo (CC), diminui linearmente com o secamento do solo, isto é, na razão de um para um (1:1). Desta forma, a evapotranspiração real é igual a evapotranspiração potencial (ETP) quando o solo se encontra na capacidade de

campo (CC) e é igual a metade da ETP quando o solo perdeu a metade de sua água disponível. Os autores elaboraram tabelas que auxiliam no cálculo da evapotranspiração real, conforme o conteúdo de umidade do solo e para diferentes capacidades de armazenamento de água. Obtiveram com esta metodologia uma boa concordância entre os valores de água no solo calculados por este método e os valores medidos.

A frequência de dias secos depende das características da precipitação, da umidade do solo, da profundidade do solo, da profundidade do enraizamento e da razão de evapotranspiração.

MORETTI FILHO (1965), apresentou um estudo básico para a elaboração dos projetos de irrigação, aplicando o método proposto por VAN BAVEL (1953) para estimativa da seca agrônômica para períodos mensais e anual na Zona Canavieira do Estado de São Paulo. Utilizou para esta caracterização, dados climatológicos e de solos de sete municípios e estimou a quantidade de água necessária para irrigação, a um nível de 90% de probabilidade, para cada localidade e para três quantidades básicas de armazenamento de água no solo. Verificou, também, que a ocorrência de seca depende marcadamente da quantidade de água disponível do solo na zona efetiva de exploração das raízes e que, em muitos casos, sobretudo durante o verão, que para um aumento de 10 mm na quantidade base de água disponível, o número de dias secos reduzia-se de, aproximadamente, 50% a um mesmo nível de probabilidade.

BAIER e ROBERTON (1966) propuseram o chamado "Balanço hídrico versátil" que fornece, através de um modelo para computação eletrônica, a umidade diária do solo em função dos elementos meteorológicos conhecidos e algumas propriedades físicas do solo e características da cultura. Apesar deste método apresentar uma maior aproximação nas situações particulares de solos e cultivos, introduz uma complicação nos cálculos, não sendo conveniente para análises de caráter regional.

DAMÁRIO e ESCALES (1971) caracterizaram o regime de seca agroclimatológica para a região semi-árida Pampeana na Argentina, em uma área de 100.000 km², aplicando o cálculo de balanço hidrológico preconizado por THORNTHWAITE (1948). Utilizaram dados climáticos de 20 anos, correspondendo a 10 estações meteorológicas, nos quais estimaram a água disponível diária do solo. Por comparação com informações existentes sobre a ocorrência, extensão e efeitos de seca na região, estabeleceram certos níveis de umidade no solo que definiram quatro condições ou categorias do fenômeno. Sobre esta base, foram computados as frequências anuais estacionais e mensais, classificadas de acordo com o n^o de dias em que a umidade do solo permaneceu dentro dos limites de cada categoria.

SCARDUA (1979) apresentou um estudo da ocorrência de seca numa área do Sul do Estado do Espírito Santo. A caracterização da seca foi efetuada através de "dias secos consecutivos" e os "dias secos" determinados pelo método climatológico de balanço de água no solo, descrito por VAN BAVEL (1953)

e por MORETTI FILHO (1965), para as quantidades de 15 mm, 35 mm, 45 mm, 60 mm, 100 mm e 140 mm de água disponível, com base nas curvas características de dois solos representativos e considerando diferentes profundidades. Apresentou gráficos do número mínimo de dias secos consecutivos esperados em cada mês e para cada quantidade de água disponível aos níveis de 5%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50% de probabilidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de Estudo

A área abrangida pelo estudo localiza-se na Região de Laguna, Litoral Sul do Estado de Santa Catarina, caracterizada entre as isolinhas de deficiência hídrica anual de 100 e 125 mm, para um solo com capacidade de armazenamento de água máxima-CAD de 75 mm, segundo Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina (1978). A Região em apreço constituiu-se de planícies litorâneas. Na Figura 1, mostramos a área abrangida pelo estudo com suas delimitações políticas e estações meteorológicas existentes.

3.2. Dados Disponíveis

3.2.1. Dados Climáticos

As informações meteorológicas utilizadas para esta caracterização, constituem-se de 26 anos (1955-1980) de dados diários de precipitação, bem como médias mensais de temperatura do ar, insolação, umidade relativa, velocidade do vento

Figura 1 Mapa com a Localização da Região de Laguna, Litoral Sul, com suas delimitações políticas e isolinhas de deficiência hídrica anual de 25 a 125 mm.

Área Abrangida pelo Estudo

* Reduzido da escala de 1:750.000

Escala aproximada de 1:1.212.000

e evaporação de "Piche", referentes à Estação Meteorológica de Laguna pertencente ao 8º DISME do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, definida pela Latitude Sul de $28^{\circ}29'23''$, Longitude Oeste de $48^{\circ}48'12''$ e pela Altitude de 30,9 metros. Devido não existirem dados meteorológicos em alguns meses (23 ao todo) da série de 26 anos, ou seja, 312 meses, utilizam-se dados de precipitação diária de algumas estações meteorológicas próximas da área de abrangência do estudo, como: Araranguá e Urussanga.

3.2.2. Caracterização dos Solos

Tomou-se como base para a caracterização dos principais solos ocorrentes na região, os trabalhos de "Levantamento de Recolhimento dos solos do Est. de Sta. Catarina(1973), bem como o "Levantamento Semi-Detalhado dos Solos das Regiões de Laguna e Sul do Estado de Santa Catarina"(1973).

Desta forma, quatro solos considerados representativos da região, foram definidos e amostrados, sendo eles:

- a) Araranguá (AR): Areias Quartzosas Distróficas, Ócrico, excessivamente drenado, textura arenosa, relevo plano, suave ondulado e ondulado, substrato sedimentos marinhos e eólicos;
- b) Morro da Fumaça (MF): Pódzólico Vermelho Amarelo Cascalhentoso EPI - Eutrófico, Ócrico, bem drenado, textura argilosa, relevo ondulado e forte ondulado, substrato granito;
- c) Tubarão (TU): Cambisol Eutrófico, mólico, moderadamente drenado, textura argilosa, relevo plano, substrato sedimentos fluviais recentes com influência do granito;
- d) Jacinto Machado (JM): Cambisol EPI - Eutrófico, ócrico, bem

drenado, textura argilosa, relevo plano e suave ondulado, subtrato sedimentos recentes fluviais com influência do basalto. A Figura 2, apresenta um mapa da área estudada com os principais solos ocorrentes, baseado na Carta de Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Santa Catarina (1978).

3.3. Caracterização da Água Disponível no Solo

O levantamento e amostragem desses quatro principais solos ocorrentes na região de Laguna, teve apenas a intenção de ter-se uma idéia da capacidade de água disponível máxima (CAD) que os mesmos podem reter. Desta maneira, estes solos foram amostrados em três profundidades básicas de 15, 45 e 80 cm, representando os perfis de 0 a 30 cm, de 30 a 60 cm e de 60 a 100 cm, respectivamente.

A amostragem teve como objetivo a determinação da densidade global (d_g), através de anéis volumétricos (de UHLAND) e obtenção de amostras deformadas para a caracterização das curvas características de água para cada profundidade e solo estudado (relação $\psi_m \times \theta$). Através do conhecimento da densidade global de cada solo e camada, as amostras deformadas foram compactadas em anéis de volume conhecido, visando dar ao solo uma porosidade semelhante à encontrada em condições naturais e determinou-se a umidade base peso (g/g) para cada tensão através do uso da Câmara de Richards e de Funil de Placa Porosa (BUchner).

Para a determinação das curvas características ou

Figura 2 - Mapa da Área de Abrangência do Estudo com a ocorrência e localização dos principais solos. Baseado na Carta de Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Santa Catarina (1981)

* Reduzido da escala de 1:750.000

Escala aproximada de 1:1.212.000

curvas de retenção de água em cada profundidade e solo, utilizou-se o Funil de Placa Porosa (BUchner) para baixas tensões (de 0 e 0,1 atm) e a Câmara de Richards para altas tensões (de 0,1 a 15 atm), com três repetições.

Multiplicou-se a umidade por peso (g/g) pela densidade global (d_g), obtendo-se os valores da umidade por volume (cm^3/cm^3), para cada solo, camada e tensão, traçando-se as respectivas curvas características.

→ De posse das curvas características de cada solo e profundidade, determinou-se a capacidade de Armazenamento ou Capacidade de Água Disponível Máxima para cada condição, através do emprego da seguinte expressão:

$$CAD = \int_0^{z=H} \int_{\theta_{pm}}^{\theta_{cc}} d\theta \cdot dz \approx (\theta_{cc} - \theta_{pm}) H \quad (1)$$

onde, CAD é a capacidade de água disponível máxima que o solo pode reter em mm de altura d'água; θ_{cc} e θ_{pm} , são as umidades por volume nos limites da capacidade de campo e no ponto de murchamento, respectivamente, em cm^3/cm^3 e H é a profundidade da camada de solo considerada em mm. Adotou-se as tensões de umidade do solo de 1/3 de atmosfera para caracterizar a capacidade de campo para os solos argilosos, ou seja, Morro da Fumaça, Tubarão e Jacinto Machado e 1/10 de atmosfera para o solo arenoso Araranguá, e de 15 atmosferas para o ponto de murchamento, conforme considerações adotadas por HILL, citado por GRADWELL (1968) e MEDINA (1975).

Como, também, a água disponível no solo para o normal desempenho das funções fisiológicas das plantas é função

da demanda atmosférica e da espécie vegetal, utilizou-se da seguinte expressão para caracterizar a Água Disponível Efetiva,

$$ADE = P \cdot CAD \quad (2)$$

Sendo, ADE, a Água Disponível Efetiva para a planta em mm; P, a parte fracional da CAD prontamente disponível, que é função da demanda atmosférica (ETP) e da espécie vegetal (cultura), de acordo com os critérios preconizados pela FAO (1977) e apresentados na Tabela 1.

O fator P, por outro lado, pode ser também definido como a fração da CAD no qual a condição de Evapotranspiração Atual ou Real (ETR) mantém-se igual a Evapotranspiração Potencial ou de Referência (ETP ou ETo).

Tabela 1 - Grupo de Culturas de acordo com a Perda de Água do Solo (a) e Fração P para Grupos de Culturas e Evapotranspiração Potencial (ETP), (b).

(a)									
Grupo		Cultura							
1	Cebola, Pimenta, Batata								
2	Banana, Repolho, Uva, Ervilha, Tomate								
3	Alface, Feijão, Cítricas, Amendoim, Abacaxi, Girasol, Melancia, Trigo								
*4	Algodão, Milho, Azeitona, Açafrão, Sorgo, Soja, Beterraba, Cana-de-Açúcar, Fumo								
(b)									
Grupo de Culturas	ETP (mm/dia)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,50	0,425	0,35	0,30	0,25	0,225	0,20	0,20	0,175
2	0,675	0,575	0,475	0,40	0,35	0,325	0,275	0,25	0,225
3	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,425	0,375	0,35	0,30
*4	0,875	0,80	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,425	0,40

* Grupo utilizado neste trabalho

Os trabalhos da FAO (1979), ao invés de utilizarem ETP como elemento indicativo da demanda atmosférica, lançam mão da chamada Evapotranspiração Máxima ou Demanda Ideal (ETM), que nada mais é do que a perda d'água por uma cultura qualquer em condições de nenhuma restrição de água em cada estágio de desenvolvimento. Desta forma, para caracterizarmos a ETM necessitaríamos do coeficiente de cultura (K_c) para ser multiplicado pelo ETP ou ETo, operação esta que dificultaria em demasia as etapas de cálculo do balanço hídrico, além de ser variável com a época de plantio, cultivar, estágio de desenvolvimento. Esse critério, adotando-se valores de ETM, prestam-se muito bem para estudos de balanço hídrico para uma cultura e época específica de plantio. Isto é para condição particular, não para trabalhos de âmbito regional, envolvendo aspectos gerais climatológicos. Dessa feita, adotamos a ETP como critério de medida da demanda atmosférica, já que esse trabalho abrange aspectos regionais e não específicos. Assim o fator P será função da ETP e da cultura em desenvolvimento ativo.

As culturas ou grupo de culturas adotadas, conforme podemos ver na Tabela 1, referem-se ao grupo 4, isto é, culturas mais resistentes ao "stress hídrico", muitas delas já cultivadas na Região estudada, como Milho, Sorgo, Cana-de-açúcar, Fumo. Desenvolveu-se uma equação exponencial para exprimir o fator P em função da ETP, conforme valores do grupo 4, Tabela 1, com a finalidade de facilitar a contabilização do balanço hídrico, já que o mesmo foi realizado com auxílio do com

putador, ficando assim expressa:

$$P = 1,0454 \cdot \exp(-0,1015765 \text{ ETP}) \quad (3)$$

$$(r^2 = 0,9840) =$$

Portanto, através da CAD, definida para cada solo e camada e do fator P caracterizou-se ADE, a qual terá papel destacado no cálculo do balanço hídrico, como veremos adiante.

3.4. Determinação da Evapotranspiração Potencial (ETP) ou de Referência (ETo)

Devido às dificuldades inerentes na medida e/ou estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) ou de referência (ETo) para períodos diários, adotou-se a ETP ou ETo média diária para cada mês do calendário e para cada mês da série de 26 anos estudados (1955-1980). Isto é, para cada mês e para cada ano da série estudada adotou-se seus correspondentes valores médios diários de ETP. Devido ao fato de estar faltando 23 meses de dados da série de 26 anos, adotou-se valores médios diários da ETP em termos normais, (média da série), nesses casos.

Em trabalhos de balanço hídrico climatológico, visando a caracterização da seca agrônômica, conduzidos por VAN BAVEL (1952 e 1953), foram adotados valores de ETP média diária mensal em termos normais, afirmando o autor que essa é uma medida bastante satisfatória e que a utilização de dados anuais individualmente não se justificam em termos de ganho de precisão, sem contar com o trabalho excessivo que resultaria realizando-se o cálculo desta maneira. Entretanto, para este traba-

lho, adotamos valores médios diários de ETP, para cada mês e ano, uma vez que empregamos o uso de Computação Eletrônica (IBM-1130 da ESALQ).

A estimativa da ETP foi obtida pela adaptação e simplificação do método de PENMAN (1948), segundo metodologia utilizada por VILLA NOVA e OMETTO (1981) com modificações no termo energia, constando do seguinte:

A) Simplificação do Termo "Energia" através de um estudo de correlação entre o Balanço de Energia Média Mensal (H), a Constante Solar Média Mensal (Q_0), Razão de Insolação Média Mensal ($\frac{n}{N}$) e Pressão Atual de Vapor Média Mensal (e_a).

O desenvolvimento constou do seguinte, considerando a equação geral de PENMAN (1948):

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot H + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot E_a \quad (4)$$

O balanço de energia H, foi obtido através de um estudo entre H, Q_0 , $\frac{n}{N}$ e e_a na forma de uma equação do tipo:

$$H = Q_0(a' + b' \frac{n}{N} + b'' \sqrt{e_a}) \quad (5)$$

onde os parâmetros a' , b' e b'' resultantes, foram determinados considerando-se a equação de estimativa de H, proposta por PENMAN (1948),

$$H = Q_0(a + b \frac{n}{N}) (1 - R) - \sigma T_a^4 (0,47 - 0,075 \sqrt{e_a}) (0,17 + 0,83 \frac{n}{N}) \quad (6)$$

Os valores de Q_0 , $\sqrt{e_a}$, T_a , $\frac{n}{N}$, correspondem as médias mensais da região em estudo; R, sendo o poder refletor da superfície vegetada, considerado igual a 0,25 (MONTEITH, 1959). Os parâmetros a e b são dependentes do estado da atmosfera, latitude e

época do ano. Para esse trabalho, adotou-se os valores médios determinados por MOTA *et alii* (1977), ou seja, $a=0,28$ e $b=0,44$.

Onde:

a) H = energia líquida disponível ou saldo de radiação em mm/dia. Corresponde ao balanço de energia radiante de onda curta e longa;

b) Δ = tangente à curva de saturação de vapor. Seus valores foram obtidos por intermédio de cálculos, conforme desenvolvimento abaixo.

$$\Delta = \frac{\partial e_s}{\partial T} \quad (7)$$

onde, e_s é a pressão máxima de vapor que o ar pode conter na temperatura do ar à sombra (T)

Através da equação de TETENS, e_s , fica definido da seguinte forma:

$$e_s = 4,5825 \times 10^{\frac{7,5 \cdot T}{237,5+T}} \quad (8)$$

onde, T , é a temperatura do ar à sombra (média mensal) em $^{\circ}\text{C}$ e e_s em mmHg. Substituindo e_s , dado pela equação (8) em (7), vem:

$$\Delta = \frac{\partial (4,5825 \times 10^{\frac{7,5 \cdot T}{237,5+T}})}{\partial T} \quad (\text{mmHg}/^{\circ}\text{C}) \quad \checkmark \quad (9)$$

Derivando a equação (9), encontrou-se a seguinte expressão para Δ :

$$\Delta = \frac{18.795 \times 10^{\frac{7,5 \cdot T}{237,5+T}}}{(237,5 + T)^2} \quad (\text{mmHg}/^{\circ}\text{C}) \quad (10)$$

Os valores de Δ , também podem ser encontrados em tabelas em função da temperatura do ar (média).

c) γ = constante psicrométrica (coeficiente). Seu valor é definido pela seguinte expressão:

$$\gamma = \frac{C_p \cdot P}{0,622 \cdot L} \quad (\text{mmHg}/^{\circ}\text{C}) \quad (11)$$

onde, C_p é o calor específico do ar úmido, aproximadamente igual a $0,241 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$; P , é a pressão atmosférica, tomada como sendo de 760 mmHg (Nível do Mar) e L , é o calor latente de vaporização da água, aproximadamente, 590 cal/g , à 20°C .

Assim:

$$\gamma = \frac{0,241 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C} \times 760 \text{ mmHg}}{0,622 \times 590 \text{ cal/g}} \approx 0,5 \text{ mmHg}/^{\circ}\text{C} \quad (12)$$

O valor para γ de $0,5 \text{ mmHg}$, refere-se à psicrômetros aspirados, ou de ventilação forçada. Em nosso estudo, dispúnhamos de psicrômetro comum, isto é, não aspirado e, neste caso o valor de γ é de, aproximadamente, $0,6 \text{ mmHg}/^{\circ}\text{C}$.

d) Q_o , corresponde a radiação extra-terrestre, função da latitude e época do ano, obtida de tabelas (FAO, 1979), em mm de evaporação equivalente por dia.

e) n = insolação ou horas de brilho solar, medida pelo heliôgrafo da estação meteorológica, em horas e décimos por dia.

f) N = insolação teórica máxima, função da latitude e época do ano, obtida de tabelas (FAO, 1979) em horas e décimos por dia.

g) σT_a^4 = emissão teórica de um corpo negro à temperatura média do ar, T_a , em $^{\circ}\text{K}$; onde, σ é a constante de STEFAN-BOLTZMANN e corresponde à $1,71008 \times 10^{-7} \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{K}^{-4}$.

h) e_a , Pressão parcial de vapor d'água do ar (mmHg), dado por:

$e = (U.R/100)e_s$; onde, UR é a umidade relativa dada em percentagem e e_s é a pressão máxima de vapor, em mmHg, já definida.

B) Simplificação do Termo Aerodinâmico, estimando-o através da Evaporação de "Piche" (E_p), eliminando o parâmetro de vento, medida pouco usual.

A simplificação do termo aerodinâmico baseou-se na determinação de uma função na qual o relacionasse com a evaporação de "Piche" (E_p), medida à sombra. Na equação (4) o termo $\frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot E_a$, é denominado de Termo Aerodinâmico e E_a , isoladamente, de Poder Evaporante do ar à sombra.

De acordo com VILLA NOVA e OMETTO (1981) o termo E_a é relacionado com a evaporação de "Piche" (E_p) à sombra, de acordo com a lei geral de DALTON, da forma:

$$\frac{E_a}{E_p} = \frac{F(U_2)}{F(U')} \cdot \frac{(e_s - e_a)}{(e_p - e_a)} \quad (12)$$

onde:

U_2 = Velocidade do vento tomados à 2 metros de altura;

U' = Velocidade do vento que passa através do evaporímetro de "Piche", no abrigo meteorológico;

e_p = Pressão de saturação da placa de "Piche", função da temperatura do termômetro de bulbo úmido.

Denominando-se de β a relação,

$$\beta = \frac{F(U_2)}{F(U')} \quad (13)$$

E substituindo-se (13) em (12), teremos:

$$E_a = \beta \cdot \frac{(e_s - e_a)}{(e_p - e_a)} \cdot E_p \quad (14)$$

Aplicando-se a equação psicrométrica à placa de "Piche", obteve-se:

$$e_a = e_p - \gamma(T - T_w) \quad (15)$$

Substituindo-se (15) em (14), obteve-se:

$$E_a = \beta \cdot E_p \left[\frac{(e_s - e_p)}{\gamma(T - T_w)} + 1 \right] \quad (16)$$

e, introduzindo-se o conceito de tangente à curva de saturação,

$$\Delta = \frac{e_s - e_p}{T - T_w} \quad (17)$$

Obteve-se:

$$E_a = \beta \cdot E_p \left(\frac{\Delta + \gamma}{\gamma} \right)$$

Ou

$$\frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot E_a = \beta \cdot E_p \quad (18)$$

A equação (18) relaciona o termo aerodinâmico com a evaporação de "Piche" na forma do fator β .

Considerando a equação de estimativa de E_a proposta por PENMANN (1948),

$$E_a = 0,35 (1 + 0,54 U_2) (e_s - e_a) \quad (19)$$

então, o fator β fica definido através das equações (18) e (19) por:

$$\beta = \frac{\gamma(\Delta + \gamma) [0,35 (1 + 0,54 U_2) (e_s - e_a)]}{E_p} \quad (20)$$

onde, U_2 é a velocidade média do vento tomada a 2 metros de altura, em m/s; $(e_s - e_a)$, corresponde ao deficit de saturação

do ar (mmHg).

Com o auxílio da equação (20), adotando-se os valores médios mensais de U_2 , e_s , e_a , Δ e E_p , obteve-se valores médios mensais de β . Como não houve variação significativa dos diversos valores de β , entre os meses do calendário, adotou-se um valor médio igual para todos os meses, como será mostrado adiante.

A Estação Meteorológica de Laguna-SC, não possui velocidade do vento (U) medida à 2,0 metros de altura, mas sim à 10 metros, através de anemômetro de deflexão (wild). A velocidade média diária obtida com esse aparelho é feita pela média de três leituras diárias (9:00; 15:00; 21:00 horas).

Utilizou-se de uma relação logarítmica para transformar medidas de velocidade do vento tomados à 10 metros de altura para 2,0 metros (condição de neutralidade atmosférica); da forma:

$$\frac{U_2}{U_{10}} = \frac{\ln(Z_2/Z_0)}{\ln(Z_{10}/Z_0)}$$

Ou

$$U_2 = U_{10} \cdot \frac{(\ln Z_2/Z_0)}{(\ln Z_{10}/Z_0)} \quad (21)$$

Onde:

Z_2 = altura que se deseja, isto é, 2 metros;

Z_{10} = altura do anemômetro que se dispõe em metros (10 metros);

Z_0 = altura da rugosidade, ou parâmetro rugoso. Adotou-se o valor de 0,01 metros (Paspalum notatum L.)

Aplicando-se a expressão (21), encontrou-se a seguinte relação

para transformar medidas de vento tomadas a 10 metros de altura para 2,0 metros:

$$U_2 = U_{10} \cdot 0,77 \quad (22)$$

3.5. Balanço de Água no Solo e Determinação dos "Dias Secos"

A caracterização da seca agronômica efetivou-se pelo desenvolvimento de um método de balanço de água no solo, através da junção de diversos métodos, teorias e critérios existentes, como os utilizados por VAN BAVEL e WILSON (1952), VAN BAVEL (1953), THORNTWHAITE e MATHER (1955), DENMEAD e SHAW (1962) e FAO (1979).

Este balanço hídrico modificado (BHM) leva em consideração não apenas a capacidade de água disponível máxima do solo, mas também a planta (cultura) e a demanda atmosférica (ETP), definida através da Água Disponível Efetiva (ADE).

A metodologia consta de uma contabilização do armazenamento da água do solo, determinando-se a sua umidade em dado tempo, através da diferença entre a adição (precipitação) e perda (ETP), conhecendo-se inicialmente a capacidade de água disponível máxima-CAD, para cada solo e profundidade.

A perda de umidade pelo solo, admitiu-se como advinda da evapotranspiração potencial (ETP).

Pelo emprego do fator P da equação (2), ou seja, fração da CAD, que é função da espécie vegetal (cultura) e da demanda atmosférica, definiu-se a Água Disponível Efetiva (ADE) do solo e valores de armazenamento ocorrentes abaixo deste limi

te caracterizaram a seca agronômica. Isto é, depois de consumida a ADE, a evapotranspiração real (ETR) torna-se menor que a ETP ou ETo, impondo condição de "stress" hídrico para a planta.

O conceito de seca agronômica aqui adotado, é o mesmo preconizado por VAN BAVEL (1953), isto é, a condição onde há uma insuficiente disponibilidade de água na zona das raízes, para promover um ótimo crescimento da planta.

Desta forma, pelo balanço hídrico seriado diário modificado (BHM), toda vez que os limites de umidade do solo atingiam valores menores do que a fração da CAD, definida pelo fator $(1-P)$, caracterizava-se como um "dia seco".

"Dia Seco", corresponde ao período de 24 horas no qual o teor de umidade do solo atinge certo limite crítico, definido por $(1-P)CAD$ ou a ADE ter sido consumida, abaixo do qual o processo de crescimento, desenvolvimento e produção final da planta (cultura) é apreciavelmente diminuído.

3.5.1. O Balanço Hídrico Seriado Diário Modificado (BHM)

Este balanço hídrico, à semelhança daquele utilizado por THORNTHWAITE (1948) e THORNTHWAITE e MATHER (1955), baseia-se em uma contabilização entre o que entra para o solo de água, na forma de precipitação, e o que sai na forma de evapotranspiração potencial. A quantidade de água que por ventura excede os limites da CAD, foi considerada como excesso de água, sendo perdida ou por drenagem profunda ou deflúvio superficial (Run-off).

Considerou-se a $ETP = ETR$ até os limites de utilização da água do solo definidos pela equação (2), ou seja, a $ADE = P.CAD$. O limite que definiu a água remanescente no solo, abaixo do qual $ETR < ETP$ foi chamado de Armazenamento Crítico e definido matematicamente pela seguinte expressão:

$$AR_{Crítico} = (1-P) CAD \quad (23)$$

Assim, toda a água solicitada através da demanda atmosférica, definida pela ETP, é prontamente atendida até atingir o armazenamento crítico, ou toda ADE ter sido consumida. Dessa forma, o secamento ou diminuição da água no solo segue um modelo retilíneo até atingir o $AR_{Crítico}$.

Abaixo deste limite, assume-se que a diminuição da água no perfil do solo apresenta uma queda exponencial, igual a adotada por THORNTHWAITE e MATHER (1955).

No trabalho original de THORNTHWAITE e MATHER (1955), a relação entre demanda atmosférica, definida pela coluna negativo acumulado, ou seja, somatória de $(P-ETP)$ negativo e o armazenamento, apresentado através de tabelas para diversas CAD, é dada pela seguinte expressão:

$$ARM_T = CAD \cdot \exp(bN_T) \quad (24)$$

onde, ARM_T = armazenamento de água no solo dada pela expressão de THORNTHWAITE e MATHER (1955), em mm;

N_T = negativo acumulado, ou seja, somatória da diferença negativa entre $P-ETP$, correspondente, em mm;

b = coeficiente angular, valor negativo, função da CAD.

Neste modelo, vê-se que o esgotamento da água segue uma curva exponencial negativa, desde o valor inicial da demanda (negativo acumulado).

De acordo com o modelo utilizado no presente trabalho, assumiu-se que o decaimento ou diminuição do armazenamento é linear até um valor de negativo acumulado, correspondente ao armazenamento crítico, ou seja, depois da ADE ter sido consumida e, abaixo do qual, o processo torna-se exponencial, como o modelo original de THORNTHWAITE e MATHER (1955). O valor do fator P, como já vimos, é uma quantidade dependente do valor médio diário da demanda (ETP) e do tipo de cultura, conforme critérios da FAO (1979).

A Figura 3, apresenta um gráfico representativo da relação entre os armazenamento da água no solo e o negativo acumulado, para 50 mm de CAD, pelo modelo de THORNTHWAITE e MATHER (1955) e o modificado neste trabalho. O armazenamento de água no solo, referente a parte retilínea ($ARM_{(1)}$) é dado pela seguinte expressão:

$$ARM_{(1)} = CAD - N \quad (25)$$

Quando: $ARM \geq ARM_{Crítico} = (1-P) CAD$

ou

$$N \leq P.CAD$$

Sendo: N, o valor do negativo acumulado (mm);

CAD = capacidade de água disponível máxima do solo (mm);

O armazenamento de água no solo, abaixo do $ARM_{Crítico}$, tem forma exponencial (curvilínea), como já dissemos, com o mesmo com

Figura 3 - Relação entre o Armazenamento da Água no Solo e o Negativo Acumulado (N), pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) e o modificado neste trabalho, para uma CAD de 50 mm.

portamento dado pelo modelo preconizado por THORNTHWAITE e MATHER (1955), ou seja:

$$ARM_{(2)} = CAD \cdot \exp(bN_T) \quad (26)$$

Quando: $ARM < ARM_{Crítico} = (1-P) CAD$

ou

$$N > P \cdot CAD$$

Onde, N_T corresponde ao negativo acumulado e utilizado na equação original exponencial.

Como podemos ver pela Figura 3, o N_T para um mesmo armazenamento, em comparação com a equação (25), tem uma somatória acumulada maior, devido serem modelos diferentes.

Dessa forma, no $ARM_{Crítico}$, o valor do armazenamento calculado pela expressão (25) e (26), tem a mesma magnitude, apenas diferem na somatória dos valores de N e N_T . Isso deve-se ao fato que no modelo idealizado pela equação original (26), tem decaimento ou diminuição da água no solo mais lento, isto é, acumulando um valor mais elevado de negativo acumulado N , quando comparado com $ARM_{(1)}$ (retilíneo), até o $ARM_{Crítico}$:

Assim temos:

$$N_T = N + D \quad (27)$$

Onde, D é uma diferença de negativo acumulado entre as expressões $ARM_{(2)}$ e $ARM_{(1)}$.

No limite correspondente ao $ARM_{Crítico}$, $ARM_{(1)} = ARM_{(2)}$, ou seja:

$$CAD - N = CAD \cdot \exp(bN_T) \quad (28)$$

Isolando da expressão (28), a variável N_T e sabendo-se que no

$ARM_{Crítico}$ o negativo acumulado N é igual a $P.CAD$, temos:

$$N_T = \frac{\ln [(CAD-N)/CAD]}{b}$$

ou

$$N_T = \frac{\ln [(CAD-P.CAD)/CAD]}{b} = \frac{\ln (1-P)}{b} \quad (29)$$

Pela expressão (27) sabemos que:

$$N_T = N + D$$

Ou

$$D = N_T - N \text{ e no } ARM_{Crítico}, N = P.CAD$$

Logo, $D = N_T - P.CAD$ e como N_T é definido pela expressão (29), o valor de D , no ponto crítico fica assim definido:

$$D = \frac{\ln (1-P)}{b} - P.CAD \quad (30)$$

$$\text{Assim, } N_T = N + D = N + \frac{\ln (1-P)}{b} - P.CAD \quad (31)$$

Substituindo-se (31) em (26), vem:

$$ARM_{(2)} = CAD \cdot \exp \left\{ b \left[N + \frac{\ln (1-P)}{b} - P.CAD \right] \right\} \quad (32)$$

Isolando o valor N de (32), temos:

$$N = \frac{\ln \left[\frac{ARM_{(2)}}{CAD} \right] - \ln(1-P) + b.P.CAD}{b} \quad (33)$$

As equações (32) e (33) definem os valores correspondentes do armazenamento de água no solo e do negativo acumulado N , quando:

$$ARM < (1-P)CAD = ARM_{Crítico}$$

ou

$$N > P.CAD$$

Portanto, nesse balanço hídrico seriado diário modificado (BHM) existem duas expressões gerais que definem o valor do armazenamento de água no solo, ou seja, são definidas pelas equações (25) e (26), sendo seus limites de abrangência definidos pelos valores de ETP média diária, CAD e fator $\underline{P}$. O valor do coeficiente angular $\underline{b}$ do modelo de THORNTHWAITE e MATHER (1955) é função do valor da CAD utilizada. Através da análise e estudo estatístico pela análise de regressão dos valores tabelados dos diversos CADs, encontrou-se uma relação entre os CADs e $\underline{b}_s$, da seguinte forma:

a CAD = 100 mm, possui um $\underline{b} = -0,0102559384$ e para valores abaixo desta CAD, existe uma relação inversa, isto é, para a CAD = 50 mm o $\underline{b}$ correspondente é igual a $-0,0205118768$. Para a CAD = 200 mm, possui um $\underline{b} = -5,0653931 \times 10^{-3}$. Assim, para os CADs entre 100 e 200, podem ser encontrados os correspondentes valores dos coeficientes angulares ($\underline{b}$), por uma simples relação inversa. A Tabela 2, apresenta diversos valores correspondentes de CAD e $\underline{b}$.

Para uma melhor fixação e entendimento da metodologia utilizada para a caracterização do balanço hídrico seriado diário modificado (BHM), elaboramos um exemplo hipotético conforme ilustra a Tabela 3.

Utilizou-se, nesse exemplo, uma CAD de 50 mm e uma $\overline{ETP}$ de 5,2 mm/dia para um mês de janeiro. Através dessa $\overline{ETP}$ e com o auxílio da Tabela 1 (Grupo 4) ou da Equação (3), definimos o valor de $\underline{P} = 0,62$. A ADE foi definida pela equação

Tabela 2 - Valores diversos de CAD e correspondentes valores de coeficientes angulares (b) da equação original de THORNTHWAITE e MATHER (1955), para cálculo do armazenamento de água do solo.

CAD (mm)	b	CAD (mm)	b	CAD (mm)	b
15	-0,0583730	60	-0,0170932	115	$-8,809379 \times 10^{-3}$
20	-0,0512797	65	-0,0157784	125	$-8,104629 \times 10^{-3}$
25	-0,0410238	70	-0,0146513	135	$-7,504286 \times 10^{-3}$
30	-0,0341865	75	-0,0136746	150	$-6,753857 \times 10^{-3}$
35	-0,0293027	80	-0,0128200	165	$-6,1398704 \times 10^{-3}$
40	-0,0256398	85	-0,0120658	175	$-5,789021 \times 10^{-3}$
45	-0,0227910	90	-0,0113955	185	$-5,476101 \times 10^{-3}$
50	-0,02051188	95	-0,0107957	200	$-5,0653931 \times 10^{-3}$
55	-0,0186472	100	-0,01025594	-	-

Tabela 3 - Exemplo Hipotético do Balanço Hídrico Seriado Diário Modificado (BHM) utilizado para estudo e caracterização da Seca Agrônômica, através do conceito de "Dias Secos".

Tabela 1

$$\overline{ETP} = 5,2 \text{ mm/dia} \xrightarrow{\text{ou Equação 3}} P = 0,62 (\text{Grupo 4})$$

$$CAD = 50 \text{ mm}; ADE = 0,62 \times 50 \text{ mm} = 31,0 \text{ mm}; ARM_{\text{Crítico}} = 19,0 \text{ mm}$$

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mês (Janeiro)	P (mm)	$\overline{ETP}$ (mm)	$P - \overline{ETP}$ (mm)	Neg.Ac. (mm)	Armazenam. Valor	Alt.	ETR	DEF.	EXC.
1	15,0	5,2	+ 9,8	0,0	50,0	0	5,2	0,0	9,8
2	0,0	5,2	- 5,2	5,2	44,8	-5,2	5,2	0,0	0,0
3	0,0	5,2	- 5,2	10,4	39,6	-5,2	5,2	0,0	0,0
4	0,0	5,2	- 5,2	15,6	34,4	-5,2	5,2	0,0	0,0
5	0,0	5,2	- 5,2	20,8	29,2	-5,2	5,2	0,0	0,0
6	0,0	5,2	- 5,2	26,0	24,0	-5,2	5,2	0,0	0,0
7 *	0,0	5,2	- 5,2	31,2	18,9*	-5,1	5,1	0,1*	0,0
8 *	0,0	5,2	- 5,2	36,4	17,0*	-1,9	1,9	3,3*	0,0
9 *	0,0	5,2	- 5,2	41,6	15,3*	-1,7	1,7	3,5*	0,0
10 *	0,0	5,2	- 5,2	46,8	13,7*	-1,6	1,6	3,6*	0,0
11 *	0,0	5,2	- 5,2	52,0	12,4*	-1,3	1,3	3,9*	0,0
12	18,5	5,2	+13,3	24,3	25,7	+13,3	5,2	0,0	0,0
13	30,4	5,2	+25,2	0,0	50,0	+24,3	5,2	0,0	0,9
14	0,0	5,2	- 5,2	5,2	44,8	-5,2	5,2	0,0	0,0
15	0,0	5,2	- 5,2	10,4	39,6	-5,2	5,2	0,0	0,0
16	0,0	5,2	- 5,2	15,6	34,4	-5,2	5,2	0,0	0,0
17	0,0	5,2	- 5,2	20,8	29,2	-5,2	5,2	0,0	0,0
18	0,0	5,2	- 5,2	26,0	24,0	-5,2	5,2	0,0	0,0
19 *	0,0	5,2	- 5,2	31,2	18,9*	-5,1	5,1	0,1*	0,0
20 *	0,0	5,2	- 5,2	36,4	17,0 *	-1,9	1,9	3,3*	0,0
21 *	6,2	5,2	+ 1,0	33,6	18,0 *	+1,0	5,2	0,0*	0,0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
31	0,0	5,2	- 5,2	23,6	26,4	-5,2	5,2	0,0	0,0

Somatória

* Dias Secos

(2), correspondendo ao valor de 31,0 mm. O $ARM_{Crítico}$, definido pela equação (23), como sendo igual a 19,0 mm.

Como podemos ver na Tabela 3, o balanço hídrico seriado diário modificado (BHM) é caracterizado pelos dias do mês mais 9 colunas. A coluna 1, serve para plotar valores de precipitação pluviométrica observados em cada dia do mês correspondente, em mm. Na coluna 2, os valores de ETP média diária ($\overline{ETP}$) para o mês correspondente, também em mm. A coluna 3, apresenta valores da diferença entre a coluna 1 e 2. A coluna 4, apresenta a somatória das diferenças negativas da coluna 3, ou seja, o negativo acumulado (N). As colunas 5 e 6, apresentam os valores do armazenamento de água no solo e sua alteração em relação ao dia anterior. Os valores do armazenamento, coluna 5, são definidos pelas equações (25) e (32). A utilização de uma ou outra das equações depende do valor da coluna 4, negativo acumulado (N).

Quando N foi menor ou igual a P.CAD, no caso 31,0 mm, utilizou-se a equação (25); correspondendo a parte retilínea da equação do BHM. Caso contrário, isto é, $N > P.CAD$, aplicou-se a equação (32), correspondendo a parte curvilínea (exponencial) da equação de BHM.

Quando a coluna 3, apresentar valor positivo, isto quer dizer que precipitou mais do que evapotranspirou no dia, caso específico, dias 1, 12, 13 e 21, então o valor do armazenamento é encontrado através da adição do armazenamento do dia anterior e do valor positivo da coluna 3. Nesse caso, o valor

correspondente à coluna negativo acumulado (N) é definido pelas equações (25), isolando o valor N, e pela equação (33). A escolha de uma ou outra expressão, dependerá do valor do armazenamento. Quando for maior ou igual ao $\text{Armazenamento}_{\text{Crítico}}$ - $\text{ARM}_{\text{Crít}} = (1-P)\text{CAD}$ - aplica-se a equação (25), caso contrário (33). A coluna 6, apresenta a alteração de armazenamento, ou seja, a diferença entre o armazenamento do dia anterior em relação ao do dia considerado. Os valores positivos indicam em quanto foi o aumento de água armazenada no solo e os negativos a diminuição no dia em questão. A caracterização da seca agrônômica, como já nos referimos anteriormente, é definida pela fração da CAD, através do fator $\underline{P}$, abaixo do qual a ETR torna-se menor que a ETP. Ou de outra maneira, toda vez que valores do armazenamento, definidos pela coluna 5, atingiram valores abaixo do $\text{ARM}_{\text{Crítico}}$, caracteriza seca agrônômica, definida pelo conceito de "Dia Seco". Entretanto, existem situações, pelo critério aqui adotado, em que estando o teor de água no solo abaixo do $\text{ARM}_{\text{Crítico}}$ e ocorrendo precipitação da ordem da ETP do dia ou maior, mas insuficiente para superar o valor do $\text{ARM}_{\text{Crítico}}$, teremos uma condição em que o teor de água no solo permanece abaixo do $\text{ARM}_{\text{Crítico}}$ e a $\text{ETR} = \text{ETP}$. Acreditamos que precipitações de tal ordem não chegam a alterar consideravelmente o teor de água no solo, na zona das raízes, como o próprio armazenamento nos diz, embora pelo cálculo $\text{ETR} = \text{ETP}$, para o dia considerado.

Assim sendo, nesses casos, foi considerado "Dia

Seco" toda vez que o teor de água no solo permaneceu abaixo do $ARM_{Crítico}$, como podemos verificar pelo exemplo da Tabela 3, dia 21. Portanto, os dias 7, 8, 9, 10, 11, 19, 20 e 21, preencheram esta condição, isto é, são "dias secos". Para o presente trabalho, bastava calcular-se até a coluna 5, para a determinação de "dias secos". Entretanto, havemos por bem, introduzir as colunas 6, 7, 8 e 9 como forma de demonstrar que elementos tão importantes como a ETR, deficiência e excesso de água no solo podem ser obtidos através de BHM, à semelhança com o BH preconizado por THORNTHWAITE e MATHER (1955). O valor da ETR é igual ao valor da ETP, quando a alteração (coluna 6) for nula ou positiva. Quando os valores, da alteração do armazenamento, forem negativos, a ETR é calculada pela somatória do módulo da alteração (coluna 6) mais a precipitação, coluna 1. A coluna 8, deficiência hídrica, é caracterizada pela diferença entre as colunas 2 e 7, isto é, entre ETP e ETR. A coluna 9 define o excedente hídrico que houve, através da diferença entre a coluna 3 e 6, isto é, valores que excederam a CAD utilizada.

Por intermédio dos valores da ETR e ETP, podemos definir uma importante relação denominada de Evapotranspiração Relativa, isto é, a razão existente entre ETR/ETP , conforme é apresentado na Figura 4. Como podemos notar, a razão ETR/ETP é igual a unidade até um ponto definido pela $ARM_{Crítico}$, ou seja, $(1-P)CAD$. Abaixo desse valor, a evapotranspiração relativa apresenta decréscimo linear, sendo tanto mais acentuado quanto menor o $ARM_{Crítico}$, definido pelo P e CAD. Na Figura 4, exem-

Figura 4 - Evapotranspiração Relativa (ETR/ETP), versus percentagem de Água Disponível Máxima (CAD) no solo, em função de quatro valores do Fator P .

plificou-se para um solo com uma CAD de 50 mm e valores do fator P de 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8. Iniciou-se o balanço hídrico seriado diário, nesse estudo, considerando que a umidade do solo encontrava-se na capacidade de campo no 1º dia de computação do balanço hídrico, isto é, no dia 1º de janeiro de 1955.

O balanço hídrico seriado diário modificado, na série de 26 anos, foi realizado através da utilização de computador IBM-1130, pertencentes ao Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ, o qual foi testado sua contabilização, em termos mensais, pelas seguintes expressões:

$$a) \sum ETR + \sum \text{Deficiência} - \sum ETP = 0;$$

$$b) \sum ETR + \sum EXC + \sum ALT - \sum \text{Prec.} = 0;$$

$$c) \sum \text{Prec.} - \sum ETP - \sum (P-ETP) = 0$$

⇒ 3.6. Probabilidade de Ocorrência de "Dias Secos"

Pela contagem de "dias secos" obtidos através do balanço hídrico seriado diário modificado (BHM), obteve-se as frequências e frequências acumuladas complementares ou probabilidade empírica de ocorrência da seca agrônômica por períodos quinzenais, mensais e trimestrais. Também foram obtidas tabelas relacionando o número total de "dias secos" por períodos quinzenais, mensais, trimestrais e anual, nos 26 anos estudados.

Os "dias secos" foram computados em seqüências, como forma de melhor se estudar sua severidade. Os "dias secos" consecutivos ou seqüências foram agrupadas em classes, depen-

dentes do intervalo de tempo escolhido, isto é, quinzenal, mensal e trimestral e obtidas suas frequências acumuladas complementares ou probabilidades empíricas. Para o estudo quinzenal foram utilizadas 9 classes, sendo: zero, 1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13-14 e 15-16. Para o período mensal foram: zero, 1-3, 4-6, 7-9, 10-12, 13-15, 16-18, 19-21, 22-24, 25-27 e 28-31. Em termos trimestrais adotou-se 11 classes: zero, 1-10, 11-19, 20-28, 29-37, 38-46, 47-55, 56-64, 65-73, 74-83, 84-92. Portanto, para cada período quinzenal de cada mês do calendário, para cada mês e trimestre foram determinadas as frequências e as probabilidades empíricas de ocorrência de cada classe e do nº mínimo de "dias secos consecutivos" dado pelo limite inferior de cada classe, para as diversas CADs utilizadas.

Procedeu-se, também, a verificação do ajustamento da distribuição de probabilidades empíricas da variável aleatória, Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, à curva normal, conforme procedimentos anteriormente adotados por SCARDUA (1979).

Como houve um bom ajustamento à curva normal, pôde-se traçar em papel de probabilidade para cada período quinzenal, mensal e trimestral e cada quantidade de água disponível máxima (CAD) os gráficos das retas que relacionam o nº mínimo de dias secos consecutivos e as probabilidades teóricas de sua ocorrência.

Através dessas retas obtêve-se os dados necessários para o traçado de gráficos que relacionam os números mínimos de dias secos consecutivos esperados, aos níveis de probabilidade de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 80% em cada quinzena e para cada capacidade de água disponível máxima-CAD.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Local de Estudo e Dados Meteorológicos

A escolha da localidade de Laguna-SC como representativa da área em estudo deveu-se ao fato da mesma encontrar-se mais centralizada em relação ao Litoral Sul, onde os efeitos de deficiências hídricas são mais evidenciados e, principalmente, por possuir a série mais longa de informações meteorológicas. Embora a estação meteorológica de Laguna-SC não esteja bem localizada devido as proximidades com o mar, verificou-se, através de estudos estatísticos de análise de variância, que a mesma não difere significativamente, ao nível de 5%, em termos de precipitação pluviométrica, com as estações meteorológicas de Imbituba, Tubarão e Araranguá, quando comparados os diversos meses do ano em termos normais. Também não diferiu estatisticamente das localidades de Orleães e Urussanga, quando comparados em termos normais, anualmente. Difere, dessas duas últimas localidades, nos meses de verão, ou seja, janeiro, fevereiro e março.

Dessa forma, como a região estudada é composta de planícies litorâneas com altitude inferior a 200 metros, acreditamos que o local escolhido seja representativo em termos de ocorrências meteorológicas.

Baseado nos resultados estatísticos, acima referidos, é que pudemos suprir algumas deficiências de notações meteorológicas da estação utilizada. Assim, supriu-se 23 meses de dados diários de precipitação pluviométrica com a ajuda dos dados meteorológicos das estações de Araranguá e Urussanga para que a série de 26 anos não se interrompesse, já que o estudo de Balanço Hídrico é seriado e diário.

4.2. Caracterização dos Solos e Água Disponível

Considerou-se como representativos da área estudada, os solos "Morro da Fumaça" (Podzólico Vermelho Amarelo Cascalhento Epi-Eutrófico), "Araranguá" (Areias Quartzosas Distróficas), "Tubarão" (Cambisol Eutrófico) e "Jacinto Machado" (Cambisol Epi-Eutrófico), segundo a "Carta de Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina" (1973). O bservou-se que o solo "Morro da Fumaça" ocupa a maior parte da área estudada, seguido pelo "Araranguá" como podemos verificar pela Figura 2. Em menor proporção encontra-se os solos "Jacinto Machado" e "Tubarão", muito embora sejam solos de grande potencial agrícolas. Não foram considerados os solos orgânicos e os Gley Húmicos Distróficos, devido possuírem lençol freático à superfície. Também foram desconsideradas as Areias Quartzosas

não fixadas (DUNAS) por não terem potencial agrícola e serem áreas de preservação permanente. A densidade global e os níveis de umidade por volume determinados para as camadas de 0-30cm, 30-60 e 60-100 cm dos solos "Tubarão", "Jacinto Machado", "Morro da Fumaça" e "Araranguá", nas tensões, de 0,001; 0,02; 0,06; 0,1; 0,3; 1,0; 5,0 e 15,0 atm, estão relacionados na Tabela 4.

Por intermédio dos valores de umidade base volume e tensão da Tabela 4, foram traçadas as curvas característiticas para cada solo e camada, representadas nas Figuras 5, 6, 7 e 8. Determinou-se a capacidade de água disponífivel máxima-CAD, que o solo pode reter em cada camada entre as tensões de 0,1 e 15 atm e 0,3 e 15 atm, relacionadas na Tabela 5. Para os solos argilosos "Tubarão", "Morro da Fumaça" e "Jacinto Machado" adotou-se a água disponível máxima como sendo aquela compreendida entre as tensões de 0,3 a 15 atm e de 0,1 a 15 atm. para o solo arenoso "Araranguá". Como podemos verifificar pela Tabela 5, as capacidades de água disponíveis máximas encontradas para os quatro solos e camadas foram as seguintes, em ordem crescente: 10,6 mm; 21,3 mm; 22,3 mm; 37,1 mm; 39,3 mm; 50,7 mm; 56,0 mm; 90,1 mm; 104,4 mm; 108,8 mm; 161,9 mm e 193,0 mm. Para representar, no balanço hídrico, essas diversas quantidades de água disponível máximas, agrupou-se em cinco classes; assim: para as CADs de 10,6; 21,3 e 22,3 mm, adotamos a CAD de 18 mm; para 37,1 e 39,3 mm adotamos o valor de 38 mm; para 50,7 e 56,0 mm o valor de 50 mm; para 90,1, 104,4 e 108,8 mm o valor de 100 mm; e para 161,9 e 193,0 mm valor de 175 mm.

Tabela 4 - Densidade Global e Níveis de Umidade por Volume- θ (cm^3/cm^3) nos Solos "Tubarão", "J.Machado", "Morro da Fumaça" e "Ararangua" e nas Camadas de 0-30 cm; 30-60 cm e 60-100 cm, para diferentes tensões de Umidade no Solo (ψ_m)

Sòlos (Séries)	Camadas (cm)	Densidade global(dg) (g/cm³)	Umidade do Solo- θ (cm³/cm³) x P.Matricial- Ψ_m (atm)							
			0,001	0,02	0,06	0,1	0,3	1,0	5,0	1,50
Tubarão	0-30	1,33	0,5444	-	-	0,4324	0,3725	0,3092	0,2515	0,2415
	30-60	1,36	0,5750	-	-	0,4907	0,4296	0,3433	0,2739	0,2604
	60-100	1,37	0,5636	-	-	0,4814	0,4192	0,3343	0,2478	0,2397
Jacinto Machado	0-30	1,41	0,5321	-	-	0,3870	0,3240	0,2750	0,1779	0,1375
	30-60	1,37	0,5516	-	-	0,4158	0,3073	0,2558	0,1800	0,1459
	60-100	1,30	0,5870	-	-	0,4700	0,4160	0,3227	0,2240	0,1944
Morro da Fumaça	0-30	1,42	0,4810	-	-	0,2770	0,2024	0,1671	0,1444	0,1314
	30-60	1,43	0,4875	-	-	0,2930	0,2307	0,1916	0,1520	0,1327
	60-100	1,51	0,5546	-	-	0,3958	0,3210	0,2789	0,1983	0,1758
Araranguá	0-30	1,29	0,3385	0,1138	0,0747	0,0614	0,0504	0,0431	0,0276	0,0262
	30-60	1,35	0,3310	0,1347	0,0805	0,0621	0,0567	0,0473	0,0252	0,0231
	60-100	1,43	0,3473	0,1074	0,0668	0,0554	0,0468	0,0307	0,0217	0,0183

Figura 5 - Curvas Características das Camadas 0-30 cm, 30-60 cm e 60-100cm, para o Solo "Tubarão".

Figura 6 - Curvas Características das Camadas 0-30 cm, 30-60 cm e 60-100 cm, para o Solo "Jacinto Machado".

Figura 7 - Curvas Características das Camadas 0-30 cm, 30-60 cm e 60-100 cm, para o Solo "Morro da Fumaça".

Figura 8 - Curvas Características das Camadas
0-30 cm, 30-60 cm e 60-100 cm, para o Solo
"Araranguá".

Tabela 5 - Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD em mm de altura d'água até as profundidades de 30 cm, 60 cm, e 100 cm para os solos "Tubarão", "Jacinto Machado", "Morro da Fumaça" e "Araranguá", entre as tensões de 0,1-15 atm e 0,3-15 atm.

Solos	Profund. (cm)	Capacidade de Água Disponível Máxima-CAD(mm)	
		0,1 - 15 atm.	0,3 - 15 atm.
Tubarão	0-30		39,3
	0-60		90,1
	0-100		161,9
J.Machado	0-30		56,0
	0-60		104,4
	0-100		193,0
Morro da Fumaça	0-30		21,3
	0-60		50,7
	0-100		108,8
Araranguá	0-30	10,6	
	0-60	22,3	
	0-100	37,1	

Dessa forma, os valores representativos das capacidades de água disponível máximas para os quatro solos estudados nas diversas camadas foram os seguintes: 18 mm; 38 mm; 50 mm; 100 mm e 175 mm.

Procuramos não ser por demais rigorosos na utilização dos diversos valores de CADs determinadas em laboratório, para os quatro solos e camadas, devido ao fato de que, a capacidade de água disponível máxima-CAD é variável com uma gama de fatores, como a textura, estrutura, teor de matéria orgânica e tipo de argila constituinte de cada solo e camada e, por outro lado, variável também em termos espaciais. Também devido que nas determinações das diversas curvas características utilizou-se amostras de solo deformadas, medida que, em muitos casos altera muito as características físicas dos solos, embora tenha-se procurado dar a mesma densidade original às amostras no momento de submetê-los à determinação da relação $\Psi_m \times \theta$.

A determinação das diversas CADs dos solos mais ocorrentes na área de estudo teve a intenção de procurar utilizar valores mais próximos da realidade, no que tange a utilização dos mesmos no balanço hídrico, longe de querer se esgotar esse assunto.

4.3. Evapotranspiração Potencial(ETP) ou de Referência(ETo)

4.3.1. Simplificação do Termo "Energia" da Equação de PENMAN (1948)

Através do estudo de correlação entre o balanço de energia média mensal (H), a constante solar média mensal (Qo), razão de insolação média mensal ($\frac{n}{N}$) e pressão atual de vapor média mensal (e_a), nos 26 anos, determinou-se doze equações gerais que descrevem o termo "energia" (H) da equação de PENMAN (1948), para cada mês do calendário e para a localidade em estudo (Laguna-SC).

Sendo assim expressas:

a) Mês de Janeiro:

$$H = Qo(0,04427 + 0,22013 \frac{n}{N} + 0,03380 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9984 \text{ e } CV = 0,18\%$$

b) Mês de Fevereiro:

$$H = Qo(0,04033 + 0,2084 \frac{n}{N} + 0,03461 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9986 \text{ e } CV = 0,23\%$$

c) Mês de Março:

$$H = Qo(0,00262 + 0,19140 \frac{n}{N} + 0,04269 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9981 \text{ e } CV = 0,21\%$$

d) Mês de Abril:

$$H = Qo(-0,01765 + 0,13493 \frac{n}{N} + 0,04913 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9959 \text{ e } CV = 0,35\%$$

e) Mês de Maio:

$$H = Qo(-0,04299 + 0,07193 \frac{n}{N} + 0,05565 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9836 \text{ e } CV = 0,72\%$$

f) Mês de Junho:

$$H = Q_0(-0,03504 + 0,01839 \frac{n}{N} + 0,05431 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9552 \quad e \quad CV = 1,25\%$$

g) Mês de Julho:

$$H = Q_0(-0,02200 + 0,03003 \frac{n}{N} + 0,05194 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9719 \quad e \quad CV = 0,92\%$$

h) Mês de Agosto:

$$H = Q_0(0,03941 + 0,08186 \frac{n}{N} + 0,03673 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9721 \quad e \quad CV = 0,56\%$$

i) Mês de Setembro:

$$H = Q_0(0,06758 + 0,14559 \frac{n}{N} + 0,02937 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9937 \quad e \quad CV = 0,51\%$$

j) Mês de Outubro:

$$H = Q_0(0,06600 + 0,18071 \frac{n}{N} + 0,03045 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9976 \quad e \quad CV = 0,32\%$$

l) Mês de Novembro:

$$H = Q_0(0,05564 + 0,19818 \frac{n}{N} + 0,03355 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9987 \quad e \quad CV = 0,19\%$$

m) Mês de Dezembro:

$$H = Q_0(0,05547 + 0,21068 \frac{n}{N} + 0,03263 \sqrt{e_a})$$

$$r^2 = 0,9987 \quad e \quad CV = 0,17\%$$

Onde, H é expresso em mm de evaporação equivalente por dia;

Q_0 , também expresso em mm/dia;

e_a , expresso em mmHg.

Como podemos observar, os coeficientes de determinação, r^2 , que nos dão o grau de relacionamento entre as va

riáveis estudadas, foi bastante elevado. Os coeficientes de variação, CV, que nos dão a idéia das dispersões entre as variáveis estudadas, foi menor do que 1%, indicando um bom ajustamento e homogeneidade dos dados (variáveis). Também foi realizada análise de variância entre os parâmetros das equações (a, b' e b''), através do teste F e t, os quais deram para todos os meses, altamente significativos, ao nível menor do que 1%. Verificou-se que a variável independente de maior importância na equação de regressão múltipla, foi a razão de insolação para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro, isto é, para os períodos de primavera e verão. Para os meses de maio, junho e julho, período outono-inverno, a maior contribuição foi devido a pressão atual de vapor (e_a). Isso deveu-se ao fato que, nessa região, nos meses de outono e inverno, em muitos anos, a razão de insolação apresentou-se elevada e, no entanto, o balanço de energia (H), baixo. Isso, de certa forma pode ser explicado devido à temperatura, nesses períodos do ano, estar com valores relativamente baixos e como o balanço de energia do meio é função, também, da capacidade de retenção de energia no ambiente, expresso pela pressão atual de vapor (e_a), função da temperatura, perde grande parte de sua energia para o espaço. Essa explicação pode ser visualizada na equação geral de estimativa de (H), dada por PENMAN (1948).

As equações que definem o termo "Energia", expressas em termos mensais, poderiam ser agrupadas nos meses em

que as mesmas fossem mais semelhantes, sem grande perda de precisão, como os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro. Ou de outra forma, utilizando a metodologia de VILLA NOVA e OMETTO (1981), agrupá-las em meses de primavera-verão e outono-inverno. Entretanto, como podemos notar, os meses de outono-inverno, principalmente, diferem bastante, no que tange ao elemento pressão atual de vapor (e_a). E, como neste trabalho utilizou-se de computação eletrônica, optamos pelo uso das equações mensais individualmente.

4.3.2. Simplificação do Termo Aerodinâmico

Para a simplificação do termo aerodinâmico ($\gamma/\Delta + \gamma.Ea$), utilizou-se da evaporação de "Piche", relacionando-os através do fator β , como ficou demonstrado pela equação (20), eliminando o parâmetro de vento. Dessa forma, obteve-se valores mensais do fator β para a série de 26 anos estudados. Nos meses da série, os quais não haviam dados, ao todo 23 meses, deixou-se de calculá-los. De posse dos diversos valores do fator β , para cada mês do calendário, procedeu-se a determinação da sua média mensal ($\bar{\beta}$), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV). A Tabela 6 apresenta os diversos valores de $\bar{\beta}$ mensal e anual, DP e CV, determinados. Devido aos valores do fator β serem bastante semelhantes entre os meses, obteve-se um valor médio anual de 0,41, com DP entre os meses de 0,0182 e CV de 4,45%. Na Tabela 6, podemos observar que o coeficiente de variação, oscila de médio a alto, em termos de operação agrí-

Tabela 6 - Valores do fator β , para cada mês e ano, seus desvios padrões (DP), coeficientes de variação(CV%) e número de meses ou anos utilizados (N).

Mês	$\bar{\beta}$	DP	CV(%)	N
Janeiro	0,3873	0,0787	20,33	24
Fevereiro	0,4089	0,0936	22,88	25
Março	0,4038	0,0692	17,14	24
Abril	0,4070	0,0968	23,79	25
Maio	0,3893	0,0882	22,64	23
Junho	0,3945	0,0904	22,92	25
Julho	0,4072	0,0933	22,91	25
Agosto	0,4003	0,0938	23,43	24
Setembro	0,4100	0,0915	22,30	24
Outubro	0,4289	0,0884	20,62	23
Novembro	0,4201	0,0860	20,47	25
Dezembro	0,4532	0,0865	19,08	22
Anual: Média	0,4100	0,088	21,54	24
DP	0,0182			
CV	4,45%			
N	12			

cola, nos vários meses (PIMENTEL GOMES, 1978). Com tais resultados, inicialmente pensou-se que o termo aerodinâmico não se relacionava bem com a evaporação de "Piche". Posteriormente, ve rificou-se que muitos dados meteorológicos relativos ao elemen to vento foram superestimados ou subestimados. O elemento ven to, como sabemos, é fator fundamental na determinação do termo aerodinâmico da Equação de PENMAN (1948). Portanto, qualquer medida mal feita desse elemento causará estimativas errôneas do termo aerodinâmico. Acreditamos piamente que as medidas efetuadas de velocidade do vento foram os elementos causadores dos altos índices encontrados nos coeficientes de variação, ao invés da evaporação de "Piche", por duas razões fundamentais:

a) Os valores da velocidade do vento foram obtidos na estação meteorológica de Laguna-SC, através de Anemômetro de Deflexão (Wild), pela média de três leituras diárias, das 9:00; 15:00 e 21:00 horas. Ora, este aparelho apenas nos dá uma estimativa da velocidade do vento e médias diárias a partir dessas três leituras é uma medida bastante grosseira, sem considerar que o a- nemômetro encontrava-se à 10 metros de altura. Além de que, pa ra cada observador, estimativas da velocidade do vento diferen tes poderão ser obtidas.

b) Através de um teste de homogeneidade, "Run-Test" (THOM, 1966), ou seja, de teste não paramétrico de seqüências, pudemos verificar que o elemento velocidade do vento não possuía seus dados homogêneos, enquanto que os dados de evaporação "Piche" o eram.

Assim, adotamos um critério para melhorar a estimativa do fator β . Admitiu-se uma variância em torno da média anual de 20% para β e eliminou-se todos os meses em que observou-se valores extremos à esta consideração. Sendo o Fator β médio anual igual a 0,41 e variância de 20%, ou seja, $\pm 0,082$, todos os valores de β menores do que 0,328 e maiores do que 0,492, foram eliminados. Assim, eliminou-se possíveis medidas errôneas de velocidade do vento como também da evaporação "Piche", que por ventura tivessem sido cometidas. Com esse procedimento, obteve-se novos valores médios do fator β para cada mês e ano, conforme é relacionado na Tabela 7.

Os novos valores de β , como podemos verificar, possuem uma semelhança muito grande entre os meses do ano e, desta forma, adotamos o valor médio anual aproximado de 0,41 como valor representante do fator β para todos os meses. Os coeficientes de variação ficaram entre os limites de 10 a 20, isto é, valores médios compatíveis com trabalhos dessa natureza.

Procedeu-se também estudos de correlação, através da análise de regressão linear, entre o termo aerodinâmico e a evaporação "Piche", à semelhança de trabalhos conduzidos por STANHILL (1962). Entretanto, devido as falhas da obtenção da velocidade do vento, a correlação deixou muito a desejar.

Assim sendo, não transcrevemos aqui seus resultados.

Tabela 7 - Valores do fator β corrigidos, para cada mês e ano, seus desvios padrões (DP), coeficientes de variação (CV%) e número de meses ou anos utilizados (N).

Mês	$\bar{\beta}$	DP	CV(%)	N
Janeiro	0,4050	0,045	12,51	19
Fevereiro	0,4175	0,050	11,99	19
Março	0,4174	0,045	10,81	20
Abril	0,4082	0,066	16,27	16
Maio	0,4100	0,046	11,27	13
Junho	0,4116	0,041	9,94	14
Julho	0,4167	0,046	11,10	15
Agosto	0,4073	0,054	13,32	14
Setembro	0,4068	0,053	13,16	17
Outubro	0,4054	0,056	13,75	16
Novembro	0,4135	0,053	12,80	16
Dezembro	0,4407	0,045	10,30	18
Anual:				
Média	0,413115			
DP	$9,95 \times 10^{-3}$	0,051	12,27	16,4
CV	2,41%			
N	12			

4.3.3. A Equação Simplificada de PENMAN

Através da junção dos resultados obtidos na estimativa do termo "Energia" e "Aerodinâmico" dos itens anteriores, pudemos construir a equação simplificada de PENMAN para cada mês do calendário e para o local de estudo.

Assim:

a) Mês de Janeiro:

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} Qo(0,04427 + 0,22013 \frac{n}{N} + 0,03380 \sqrt{e_a}) + 0,41 E_p \quad (34)$$

b) Mês de Fevereiro:

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} Qo(0,04033 + 0,2084 \frac{n}{N} + 0,03461 \sqrt{e_a}) + 0,41 E_p \quad (35)$$

c) Mês de Março:

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} Qo(0,00262 + 0,19140 \frac{n}{N} + 0,04269 \sqrt{e_a}) + 0,41 E_p \quad (36)$$

d) Mês de Abril:

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} Qo(-0,01765 + 0,13493 \frac{n}{N} + 0,04913 \sqrt{e_a}) + 0,41 E_p \quad (37)$$

e) Mês de Maio:

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} Qo(-0,04299 + 0,07193 \frac{n}{N} + 0,05565 \sqrt{e_a}) + 0,41 E_p \quad (38)$$

f) Mês de Junho:

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} Qo(-0,03504 + 0,01839 \frac{n}{N} + 0,05431 \sqrt{e_a}) + 0,41 E_p \quad (39)$$

g) Mês de Julho:

$$EPT = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} Qo(-0,02200 + 0,03003 \frac{n}{N} + 0,05194 \sqrt{e_a}) + 0,41 E_p \quad (40)$$

h) Mês de Agosto:

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} Qo(0,03941 + 0,08181 \frac{n}{N} + 0,03673 \sqrt{e_a}) + 0,41 E_p \quad (41)$$

i) Mês de Setembro:

$$ETP = \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} Q_0 (0,06758 + 0,14559 \frac{n}{N} + 0,02937 \sqrt{e_a}) + 0,41EP \quad (42)$$

j) Mês de Outubro:

$$ETP = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} Q_0 (0,06600 + 0,18071 \frac{n}{N} + 0,03045 \sqrt{e_a}) + 0,41EP \quad (43)$$

l) Mês de Novembro:

$$ETP = \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} Q_0 (0,05564 + 0,19818 \frac{n}{N} + 0,03355 \sqrt{e_a}) + 0,41EP \quad (44)$$

m) Mês de Dezembro:

$$ETP = \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} Q_0 (0,05547 + 0,21068 \frac{n}{N} + 0,03263 \sqrt{e_a}) + 0,41EP \quad (45)$$

Onde:

Δ = tangente à curva de saturação, função da temperatura média mensal (mmHg/°C), definida pela expressão (10)

γ = constante psicrométrica, aproximadamente, 0,6 mmHg/°C (Psi crômetro Comum);

Q_0 = radiação extra-terrestre em mm/dia, função do mês e latitude (tabela da FAO-1979);

$\frac{n}{N}$ = razão de insolação;

n = insolação mensal observada no Heliôgrafo da estação meteorológica, em horas e décimos;

N = insolação ou brilho solar teórico máximo, função da época do ano (mês) e latitude. (valores tabelados-FAO, 1979);

e_a = pressão atual de vapor d'água média mensal em mmHg calculada pela expressão: $e_a = \frac{UR\% \cdot e_s}{100}$ (mensal);

e_s = pressão de saturação do vapor d'água, função da temperatura média mensal;

UR% = umidade relativa média mensal em percentagem;

Ep = evaporação de "Piche", média diária mensal, em mm/dia;

ETP = evapotranspiração potencial média diária de cada mês, em milímetros de evaporação equivalente (mm/dia).

Pelo intermédio das equações de (34) a (45), calculou-se a ETP média diária para cada mês do calendário e para cada ano da série de 26 anos, sendo tais valores utilizados no cômputo do balanço hídrico modificado (BHM). Apenas, como já nos referimos, em 23 meses da série, por falta de informações meteorológicas, usou-se a média normal da ETP para o mês correspondente.

Calculou-se, também, a ETP média diária para cada mês da série pela equação original de PENMAN (1948) e comparou-se seus valores com os do método simplificado através de análise de regressão entre os meses de cada ano estudado. Na Tabela 8, estão representados os diversos valores de ETP obtidos pelos dois sistemas com os parâmetros a e b das equações de regressão linear, os coeficientes de determinação (r^2) e teste t, para os 26 anos da série. Podemos observar que os coeficientes de determinação foram bastante elevados, bem como os testes t aplicados deram significativos ao nível de 1%, com exceção de apenas um ano (1978), por insuficiência de dados, informando-nos do bom ajustamento entre os valores obtidos pelos dois métodos de estimativa da ETP. Nos meses em que a estimativa da ETP obtida por um método ou outro deram valores um pouco divergentes, com ênfase nos meses do outono e inverno, de-

veu-se ao fato da obtenção errônea da velocidade do vento, fator de grande peso na estimativa do termo aerodinâmico da equação de PENMAN. O valor médio do coeficiente de determinação (r^2) para a série toda foi de 99,06%, com coeficiente de variação (CV) de 0,61%, resultados esses bastante bons.

4.4. Contabilização dos "Dias Secos Consecutivos"

Para cada capacidade de água disponível máxima (CAD) dos solos adotada, foram obtidas tabelas, num total de 220. Em função do grande número dessas tabelas, elas não foram relacionadas nesse trabalho, fazendo-se constar, no apêndice, somente aquelas referentes a 50 mm de água disponível, como exemplificação e para maior facilidade de compreensão do trabalho. Assim, como podemos verificar pelas tabelas do apêndice para 50 mm de CAD, foram obtidas as seguintes relações:

a) Totais de dias secos por quinzena, mês, trimestre, semestre e ano, nos 26 anos, para 50 mm de capacidade de água disponível máxima no solo-CAD. Assim, por exemplo para o ano de 1955, 1.^a quinzena do mês de Janeiro, ocorreram 8 dias secos, na 2.^a, 15 dias secos e no mês 23. O total de dias secos ocorridos no 1.^o trimestre, correspondeu a soma dos valores dos meses de janeiro, fevereiro e março, ou seja, $23+18+10 = 51$ dias secos, e assim por diante (Apêndice 1). Nessa tabela, pode-se observar quais os períodos de maior "stress" hídrico, através da somatória total e médias de dias secos por períodos estudados. Dessa forma, os trimestres mais secos por ordem de ocorrência foram:

Tabela 8 - Valores da Evapotranspiração Potencial-ETP, calculados pelo método Simplificado(X) e pelo de PENMAN (1948) (Y), parâmetros a e b da equação de regressão entre ambos, coeficiente de determinação (r^2) e teste t, entre os meses de cada ano da série de 26 anos.

Mês Ano		Evapotranspiração Potencial-ETP (Método Simplificado) - (X)												Evapotranspiração Potencial-ETP (Método PENMAN) - (Y)												Teste-t
		Evapotranspiração Potencial-ETP (Método Simplificado)												Evapotranspiração Potencial-ETP (Método PENMAN)												
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	a	b	r ² (%)										
1955	4,96	4,61	3,85	2,90	1,94	1,60	1,35	1,78	2,39	3,47	4,41	4,57	0,09	1,05	99,06	32,52**										
	5,21	4,86	3,96	3,01	2,16	1,61	1,62	2,04	2,55	3,94	4,81	5,11														
1956	4,54	4,15	3,74	2,47	1,70	1,20	1,47	2,13	2,65	3,31	4,66	4,68	0,31	0,98	98,70	27,58**										
	4,49	4,51	3,93	2,89	2,03	1,33	1,71	2,58	2,70	3,59	4,96	4,93														
1957	4,88	4,00	3,38	2,41	2,18	1,63	1,51	2,00	2,36	3,20	3,56	4,72	0,14	1,04	98,50	25,70**										
	4,95	4,51	3,62	2,70	2,39	1,76	1,66	2,20	2,47	3,50	4,13	4,94														
1958	4,82	4,59	3,68	2,72	1,85	1,42	1,44	1,74	2,65	3,46	4,04	4,42	0,34	0,96	98,77	28,45**										
	5,17	4,69	3,88	2,93	2,01	1,75	1,58	2,28	2,95	3,57	4,03	4,60														
1959	4,48	4,64	4,05	2,84	1,96	1,37	1,68	2,06	2,08	3,66	4,41	4,76	0,11	1,00	99,32	38,50**										
	4,43	4,64	4,16	2,91	2,03	1,60	1,74	1,97	2,29	3,81	4,66	4,92														
1960	4,96	3,98	3,78	2,80	2,00	1,56	1,83	2,04	2,84	3,08	4,22	4,93	0,07	1,01	99,16	34,43**										
	5,08	3,96	3,86	2,90	1,91	1,69	1,87	2,19	3,19	3,26	4,29	5,17														
1961	4,61	4,23	3,56	2,60	1,97	1,49	1,77	2,08	2,12	3,48	4,11	4,90	-0,06	1,00	99,81	73,03**										
	4,53	4,07	3,54	2,64	1,87	1,46	1,67	2,02	1,98	3,39	4,02	4,87														
1962	4,84	4,64	3,37	2,60	1,89	1,57	1,35	1,90	2,41	3,37	4,15	4,91	0,04	1,01	99,36	39,78**										
	4,71	4,64	3,44	2,61	1,99	1,56	1,32	2,02	2,43	3,62	4,36	5,04														
1963	4,21	4,09	3,40	2,89	1,89	1,59	1,39	1,70	2,00	2,76	3,68	4,32	0,07	0,98	99,61	51,13**										
	4,10	4,15	3,45	2,91	1,85	1,58	1,56	1,77	1,99	2,75	3,63	4,36														
1964	4,54	4,11	3,69	2,56	1,97	1,72	1,60	2,04	2,50	3,41	4,65	4,87	-0,35	1,06	99,52	45,57**										
	4,65	3,92	3,51	2,31	1,85	1,40	1,34	1,80	2,42	3,28	4,50	4,83														
1965	5,57	5,34	4,05	2,98	2,14	1,44	1,78	2,10	2,49	3,89	4,23	-	-0,09	0,93	99,42	41,79**										
	5,06	4,75	3,63	2,61	1,76	1,31	1,46	1,93	2,28	3,66	3,93	-														
1966	4,71	3,93	3,88	2,82	2,11	1,64	1,63	2,10	2,44	-	4,31	4,27	-0,03	0,93	98,83	27,68**										
	4,29	3,45	3,50	2,48	1,83	1,47	1,63	1,96	2,26	-	4,11	4,12														
1967	4,81	3,74	3,36	3,02	-	1,54	1,69	2,33	2,46	3,01	4,04	4,90	0,03	0,95	97,80	20,01**										
	4,39	3,63	3,39	2,80	-	1,51	1,68	2,01	2,36	3,10	3,68	4,90														

Tabela 8 (continuação)

1968	4,77	5,00	3,99	2,97	2,21	1,59	1,68	2,18	3,17	3,53	4,57	4,98	0,02	0,92	98,62	26,81**
1969	4,58	4,60	3,77	2,92	1,91	1,31	1,56	2,27	2,96	3,21	4,10	4,45	-0,60	1,10	97,58	20,10**
1970	4,77	4,18	4,01	2,70	2,32	1,88	2,04	2,36	2,89	3,57	3,76	5,14	-0,16	1,06	98,24	22,45**
1971	4,29	4,10	3,62	2,57	1,84	1,51	1,53	2,00	2,50	3,29	3,87	5,23	-0,16	1,09	98,40	23,58**
1972	4,90	4,68	3,71	3,24	2,04	1,70	1,73	2,33	-	3,40	4,22	4,43	-0,01	1,04	99,70	57,71**
1973	4,82	4,81	3,60	3,01	1,97	1,65	1,68	2,39	-	3,41	4,68	4,59	-0,16	1,06	99,28	37,24**
1974	4,76	4,31	3,16	2,85	1,96	1,48	1,67	-	2,82	3,77	4,79	4,61	-0,28	1,08	99,81	23,40*
1975	4,79	4,45	3,17	3,11	1,92	1,57	1,62	-	2,89	3,97	5,11	5,29	0,01	0,98	98,67	25,85**
1976	4,65	4,15	3,55	2,97	2,04	1,60	1,61	2,03	2,59	3,32	3,91	4,71	-0,29	1,05	99,28	37,18**
1977	4,80	4,31	3,57	3,06	2,04	1,59	1,75	2,15	2,72	3,52	4,07	4,96	-0,33	1,09	99,41	41,19**
1978	4,61	4,11	3,81	2,55	1,85	1,62	1,62	1,91	2,52	3,44	4,16	4,33	-0,08	1,03	99,81	23,40*
1979	4,74	4,26	3,89	2,74	1,91	1,52	1,58	1,75	2,42	3,35	4,36	4,36	0,12	0,95	99,62	36,64**
1980	4,93	3,79	3,61	2,83	2,15	1,62	1,73	2,33	2,75	3,83	4,50	-	-0,07	0,97	99,65	47,77**
Média e CV(%)	5,09	3,70	3,47	2,79	1,88	1,57	1,51	2,25	2,73	3,71	4,50	-	-0,05	1,01	99,06	-
	5,03	4,28	3,55	3,04	1,84	1,66	1,73	1,97	2,32	-	4,12	4,39	-	-	0,61	-
	4,77	4,20	3,61	2,83	1,92	1,46	1,85	1,82	2,40	-	4,20	4,45	-	-	-	-
	4,60	4,44	3,43	2,98	1,86	1,84	1,51	2,15	2,89	3,63	4,07	4,94	-	-	-	-
	4,55	4,40	3,31	2,66	1,82	1,55	1,36	2,05	2,68	3,46	3,91	5,08	-	-	-	-
	4,43	4,45	3,52	2,82	1,92	1,57	2,01	1,91	2,87	3,23	3,92	4,36	-	-	-	-
	4,32	4,55	3,57	2,66	1,76	1,42	1,73	1,84	2,75	3,27	3,99	4,49	-	-	-	-
	-	4,23	3,40	2,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	4,30	3,40	2,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	1,44	1,37	1,90	2,70	2,90	3,80	4,27	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	1,54	1,45	1,84	2,73	2,79	3,81	4,17	-	-	-	-
	4,70	4,04	-	2,95	2,01	1,79	1,71	2,01	2,58	3,01	4,09	-	-	-	-	-
	4,47	3,77	-	2,79	1,85	1,63	1,61	1,82	2,50	2,97	3,90	-	-	-	-	-
Média e CV(%)	4,75	4,31	3,65	2,82	1,99	1,58	1,64	2,05	2,56	3,38	4,18	4,66	-0,05	1,01	99,06	-
	5,48	8,64	6,79	7,06	7,21	9,35	11,26	8,87	10,99	8,66	7,53	5,81	-	-	0,61	-
Média e CV(%)	4,68	4,29	3,62	2,79	1,93	1,53	1,60	2,04	2,55	3,41	4,20	4,75	-	-	-	-
	6,57	9,05	6,43	6,89	7,16	7,91	8,93	10,46	11,60	9,40	8,90	7,28	-	-	-	-

* Teste t significativo a 5%

** Teste t significativo a 1%

o, 4º, 1º, 2º e 3º. Isto é, o 1º e 4º trimestres foram os que apresentaram maior número de dias secos, numa média de 41,4 e 41,3 dias respectivamente, nos 26 anos estudados. Segue-se o 2º trimestre com uma média de 18,4 e o 3º com 7,7 dias secos, referentes a CAD de 50 mm. O 1º semestre é mais severo em termos de seca agrônômica do que o 2º.

Os meses mais secos correspondem ao 1º e 4º trimestre do ano, bem como as suas quinzenas pertinentes. Essa tabela, apêndice 1, pode nos dar boas informações a respeito do comportamento da marcha dos dias secos durante o ano, fornecendo subsídios para a escolha mais adequada de épocas de plantio, necessidade de irrigação, embora apresentando apenas o total de dias secos, sem considerar se encontram-se em seqüências ou não. Através da análise dessa tabela, para 50 mm de CAD e das demais aqui não apresentadas, pudemos concluir que os meses de maior ocorrência de dias secos totais referem-se ao 1º e 4º trimestre do ano, ou seja, nos períodos de primavera-verão, embora o número total de dias secos para cada período diminuia à medida que a CAD aumentava.

b) Seqüências de dias secos por quinzena de cada mês e por ano, sua duração e ordem de ocorrência para 50 mm de capacidade de água disponível máxima-CAD (Apêndice 2). Assim, por exemplo, a 1ª quinzena do mês de janeiro do ano de 1955 apresentou uma seqüência de dias secos de 2 e 6, isto é, ocorreram 2 períodos de dias secos consecutivos, sendo o primeiro de 2 dias secos e o segundo de 6 dias secos consecutivos.

c) Sequências de dias secos por período mensal e por ano, sua duração e ordem de ocorrência, para 50 mm de CAD (Apêndice 3). A sua interpretação é semelhante ao item anterior, apenas referindo-se à período mensal.

d) Sequências de dias secos trimestrais e por ano, sua duração e ordem de ocorrência, para 50 mm de CAD (Apêndice 4). A interpretação é semelhante ao item (c). Nessa tabela, podemos também verificar que o maior número de sequências e em períodos maiores encontram-se no 1º e 4º trimestre, destacando-se uma vez mais como os períodos mais secos do ano.

e) Dias secos consecutivos agrupados nas classes de zero, 1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13-14 e 15-16 suas frequências absolutas, frequências relativas, frequências acumuladas complementares em percentagem e probabilidade linear, nos 26 anos, para 50 mm de CAD (Apêndice 5). Essas tabelas, à exemplo do apêndice 5, foram obtidas com a finalidade de se determinar o número mínimo de dias secos consecutivos que se espera ocorrer, a um dado nível de probabilidade, em cada quinzena do mês correspondente, e para cada quantidade de água disponível. Ou de outra forma, qual a probabilidade de ocorrer, em cada quinzena do mês e para cada capacidade de água disponível máxima-CAD, um número mínimo de dias secos consecutivos, dado pelo limite inferior de cada classe. Nas tabelas do apêndice 5, podemos verificar que a somatória das frequências absolutas de todas as classes sempre foi igual a 26, correspondendo a série de 26 anos estudada. Dessa feita, uma determinada quinzena de um mês

e ano qualquer, só foi contabilizada apenas uma sequência de dias secos, embora o período pudesse apresentar mais do que uma. Assim, foi computado em uma das 9 classes, conforme o número de dias secos, apenas a sua maior sequência. Mesmo que a quinzena apresentasse duas ou mais sequências máximas só foi contada uma vez. Adotando-se, como exemplificação, a 1.^a quinzena do mês de janeiro, Apêndice 5, obteve-se uma frequência absoluta de 3 para a classe de 1-2, significando que dos 26 janeiros, na 1.^a quinzena ocorreu pelo menos três sequências de dias secos consecutivos nesta classe. Ou de outra forma podemos dizer que em 3 primeiras quinzenas do mês de janeiro tiveram de 1 a 2 dias secos como a ou as maiores sequências. Podemos ainda dizer que em 3 dos 26 janeiros, na 1.^a quinzena, ocorreu pelo menos uma sequência máxima de 1 a 2 dias secos. Observa-se ainda que, nessa mesma coluna, que 3 dos 26 anos apresentaram zero dias secos. Na coluna das frequências relativas, expressas em %, no mesmo exemplo, encontra-se que 11,54% dos janeiros, na 1.^a quinzena não tiveram dias secos, outros 11,54% tiveram pelo menos uma sequência máxima com 1 a 2 dias secos; 3,85% tiveram pelo menos uma sequência máxima na classe de 3 a 4 dias secos e dessa forma para as demais classes. Em termos de probabilidade pode-se dizer que para um número grande de janeiros, na 1.^a quinzena, espera-se que 11,54% deles não ocorra dia seco; em outros, 11,54% ocorra pelo menos uma sequência máxima de 1 a 2 dias secos; em outros, ainda, que 3,85% tenha pelo menos uma sequência máxima com 3 a

4 dias secos, e assim sucessivamente para as demais classes. No mesmo exemplo, ainda, a terceira coluna apresenta as frequências acumuladas complementares, ou seja, se em 11,54% dos janeiros, na 1.^a quinzena, não ocorreu dia seco, então, em $100 - 11,54 = 88,46\%$ dos janeiros, na 1.^a quinzena, ocorreram 1 (um) ou mais dias secos consecutivos ou no mínimo 1 (um) dia seco; como em outros 11,54% dos janeiros, na 1.^a quinzena, ocorrem pelo menos uma sequência de 1 a 3 dias secos, temos que, em $88,46 - 11,54 = 76,92\%$ dos 26 janeiros, na 1.^a quinzena, tiveram sequências maiores ou igual a 3 dias secos. Da mesma forma para as demais classes. Podemos dizer, também, em termos de probabilidade que há 11,54% de probabilidade empírica de não ocorrer dia seco, ou, há $100 - 11,54 = 88,46\%$ de probabilidade empírica de ocorrer um ou mais dias secos consecutivos, ou de ocorrer no mínimo 1 (um) dia seco. Ainda, há $88,46 - 11,54 = 76,92\%$ de probabilidade empírica de ocorrer 3 ou mais dias secos consecutivos, ou no mínimo 3 dias secos consecutivos. Desta forma, a frequência acumulada complementar, também chamada de probabilidade empírica expressa a condição de ocorrer um certo número de dias secos consecutivos, não ocorrer, ou simplesmente ocorrem um número mínimo de dias secos consecutivos, dado pelo limite inferior de sua classe. Assim, para o exemplo citado, temos que: 88,46% de probabilidade empírica de ocorrer, pelo menos uma vez, no mínimo 1 dia seco consecutivo; 76,92% de probabilidade empírica de ocorrer, pelo menos uma vez, no mínimo 3 dias secos consecutivos; 73,92% de probabilidade empírica de

ocorrer, pelo menos uma vez, no mínimo 5 dias secos consecutivos; e assim sucessivamente para as demais classes. Existe ainda, uma última coluna da mesma tabela onde aparece a probabilidade linear, a qual será devidamente esclarecida em considerações posteriores.

f) Maiores seqüências de dias secos em cada mês, distribuídos nas classes zero, 1-3, 4-6, 7-9, 10-12, 13-15, 16-18, 19-21, 22-24, 25-27 e 28-31, suas frequências absolutas, frequências relativas, frequências acumuladas complementares em % ou probabilidade empírica e probabilidade linear, nos 26 anos, para 50 mm de CAD (Apêndice 6). A interpretação das tabelas desse Apêndice são idênticas às do Apêndice 5, apenas que o período estudado é mensal.

g) Maiores seqüências de dias secos em cada trimestre, distribuídas nas classes zero, 11-19, 20-28, 29-37, 38-46, 47-55, 56-64, 65-73, 74-83 e 84-92, suas frequências absolutas, frequências relativas, frequências acumuladas em % ou probabilidade empírica e probabilidade linear, nos 26 anos, para 50 mm de CAD (Apêndice 7). Sua interpretação é semelhante à do item (e), apenas mudando o período estudado.

4.5. Seqüências de Dias Secos por Períodos Anuais, Trimestrais, Mensais e Quinzenais

Nas contagens dos períodos de dias secos consecutivos por quinzenas, meses, trimestres e anos, obviamente, o número total de dias secos encontrado é sempre o mesmo. En-

tretanto, o número de seqüências ou períodos de dias secos consecutivos é diferente. Tanto quanto menor o período de contagem, tanto maior será o número de divisões em duas ou mais seqüências menores. Dessa forma, na contagem por período quinzenal ou mensal, todas as seqüências maiores do que o número de dias do período considerado, serão divididas, no mínimo, em duas outras menores, assim como todas as seqüências que começam em uma quinzena ou mês e terminam em período seguinte. Isso pode ser observado, analisando-se as tabelas do Apêndice 2, 3 e 4. Comparando-se as contagens por mês e trimestre (Apêndice 7) podemos verificar que mais de 85% das seqüências são menores do que 38 dias, considerando os trimestres mais secos. Essa conclusão pode ser generalizada para as demais CAD estudadas, aqui não transcritas. Dessa forma, com mais ênfase ainda, comparação de contagens entre trimestres e ano, tornam-se sem sentido, além do fato que, em períodos anuais, a sua contagem nada informar sobre a ocorrência da seqüência de dias secos, se no início, no meio ou no final do ano. Conclusão idêntica foi encontrada por SCARDUA (1979), admitindo ainda que é conveniente fazer-se a contagem de dias secos consecutivos de, no máximo três meses, mesmo em regiões com precipitação anual mal distribuída e escassa. Em locais onde a precipitação anual tem uma melhor distribuição, as seqüências de dias secos tendem a ser menores. Consequentemente, o erro que se comete quanto as freqüências e duração dos períodos de dias secos consecutivos também tende a ser menor, em contagens por períodos me-

nores, como um mês ou menos. Estudando a ocorrência de dias secos consecutivos por períodos maiores como um trimestre ou mais, ganha-se em informação quanto as ocorrências das maiores seqüências e conseqüentemente de sua severidade. Entretanto, perde-se muito de informações se a seqüência ocorreu no início, no meio ou no final do trimestre e, para a agricultura, importa-se saber a ocorrência das seqüências em períodos pequenos como uma quinzena ou mês, como forma de se proporcionar em melhor planejamento agrícola.

Assim sendo, optamos por analisar a ocorrência de dias secos consecutivos por períodos quinzenais, mensais e trimestrais, julgando que o estudo dessa forma possa oferecer todas as informações necessárias para um melhor planejamento das operações agrícolas.

Observou-se, também, através da análise das Tabelas do Apêndice e mais aquelas aqui não inseridas para as demais CADs, que a medida que diminuía o valor da CAD do solo, aumentava o número de dias secos totais. Isso decorre do fato que, para menores capacidades de armazenamento de água no solo, mais rapidamente é esgotada pela demanda atmosférica, verificação esta já esperada.

Entretanto, as seqüências de dias secos tornaram-se em menor número, mas de maior período de duração, à medida que a capacidade de água do solo aumentava. Isso também pode ser explicado pelo fato que, quanto maior a CAD, maior o valor do seu Armazenamento Crítico $[(1-P)CAD]$ e, conseqüentemen-

te, as precipitações deverão ser de maior magnitude para poder suprir todo o seu reservatório.

4.6. Probabilidade Teórica de Ocorrência de um "Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos" por Período Quinzenal, Mensal e Trimestral

Em trabalhos conduzidos por MORETI (1965) com número mínimo de dias secos mensais, sem considerar se sua ocorrência verificou-se em dias isolados ou não e por SCARDUA (1979), com número de dias secos consecutivos por períodos mensais, verificaram que as probabilidades empíricas ou frequências acumuladas complementares em % ajustaram-se bem à curva de distribuição normal. Nesse trabalho, estudamos a distribuição da variável número mínimo de dias secos consecutivos por períodos quinzenais, mensais e trimestrais, aplicando um teste simples para ver se também havia um bom ajustamento com a curva normal, os períodos quinzenais, mensais e trimestrais, já que a série estudada era de apenas 26 anos. O teste aplicado, foi o mesmo utilizado por SCARDUA (1979). Baseia-se no fato em que, a curva normal se transforma numa reta quando traçada em papel de probabilidade. Assim quanto mais perfeito o ajustamento da distribuição da probabilidade empírica de uma variável na curva normal, melhor se ajusta, segundo o alinhamento de uma reta, o conjunto dos pontos marcados em papel de probabilidade.

Para melhor fixação e entendimento do procedimento, adotado, exemplificaremos, utilizando-se o Apêndice 5, e a

Tabela referente ao mês de Janeiro, 1.^a quinzena, para 50 mm de CAD, teremos:

a) Por intermédio da utilização do papel de probabilidade e uma régua milimetrada, junto e paralela ao eixo das ordenadas do papel, como indica a Figura 9, foram obtidas, na escala linear da régua, os valores equivalentes aos das probabilidades de ocorrência dos números mínimos de dias secos consecutivos, dado pelo limite inferior de cada classe. Esses valores assim obtidos, denominados de probabilidade linear (PL), e mais os números mínimos de dias secos consecutivos correspondentes, formaram um novo conjunto de pares de valores. Como podemos acompanhar pelo Apêndice 5, para o mês de janeiro, 1.^a quinzena, e 50 mm de CAD, os valores das Frequências acumuladas complementares em % ou probabilidade empírica (P) e os correspondentes valores de probabilidade linear (PL) e dos números mínimos de dias secos consecutivos (D), foram:

<u>D</u>	<u>PL</u>	<u>P</u>
1	12,88	88,46
3	11,18	76,92
5	10,74	73,07
7	9,19	57,69
9	8,12	46,15
11	7,40	38,46
13	7,40	38,46
15	5,76	23,08

b) Se os valores de PL e D se correlacionam segundo a equação de uma reta, as probabilidades empíricas dos números mínimos de dias secos consecutivos se ajustam à curva normal e seu coe

Figura 9 - Papel de Probabilidade onde foram marcados os Números Mínimos de Dias Secos Consecutivos (abcissas) e suas Probabilidades Empíricas de ocorrência (ordenada à esquerda) e obtenção dos valores correspondentes às probabilidades em escala Linear-PL (ordenada à direita). (Esse papel de Probabilidade aqui apresentado é apenas um modelo reduzido, tendo sido suprimidas suas linhas intermediárias, em relação ao original utilizado).

ficiente de determinação (r^2) pode ser tomado como uma medida do ajustamento das probabilidades empíricas dos números mínimos de dias secos consecutivos à curva normal. A equação de regressão obtida pelo método dos mínimos quadrados e seu coeficiente de determinação, para o exemplo, foram:

$$PL = 12,99 - 0,50 D$$

$$r^2 = 0,98$$

Utilizando-se a equação acima e através de dois valores para D, D=3 e D=11, obteve-se PL=11,49 e PL=7,49, respectivamente. Aplicando o processo inverso do indicado no item a, utilizando-se da Figura 7, foram encontrados os valores das probabilidades teóricas (Pt) correspondentes a esses valores de PL, ou seja, Pt=79,6% e Pt=39,5%, respectivamente. Assim, temos para D=3 e D=11, as probabilidades teóricas (Pt) de Pt=79,6% e Pt=39,5%. Através desses dois pontos de coordenadas (Pt; D) foi traçada a reta que melhor se ajusta aos pontos de probabilidade empírica marcados em papel de probabilidade, referentes ao mês de janeiro, primeira quinzena, para 50 mm de CAD, apresentado na Figura 14.

Da mesma forma, foram traçadas as retas das Figuras 10 a 19, onde o eixo das ordenadas tem-se as probabilidades teóricas de ocorrer, pelo menos uma vez, em cada quinzena e para cada CAD, os números mínimos de dias secos consecutivos indicados nas abcissas. As equações obtidas entre PL e D, foram de grande valia no traçado das retas das Figuras 10 a 19 por apenas dois pontos, evitando a necessidade de se marcar todos

os pontos, o que é difícil de serem efetuados em gráficos reduzidos, bem como a maior precisão alcançada do traçado das retas em comparação àquelas que por ventura viessem a ser traçadas a partir dos pontos marcados. Esse mesmo procedimento adotado para a determinação das Figuras de 10 a 19 foi utilizado na obtenção dos gráficos das Figuras 20 a 24 e 25 a 27, referentes às probabilidades teóricas de ocorrer um dado número mínimo de dias secos consecutivos, por período mensal e trimestral e para as várias CAD estudadas, respectivamente. Nas tabelas 9, 10 e 11, estão relacionados os valores dos coeficientes de determinação (r^2) das equações das retas referentes a cada período quinzenal, mensal e trimestral, respectivamente e para cada CAD utilizada.

Também encontram-se relacionados os valores médios de r^2 , Desvio Padrão da média e coeficiente de variação para cada CAD estudada e para cada período. Testou-se os coeficientes das regressões (r), pelo teste-t, para todos os períodos e CADs, os quais deram todos significativos ao nível de 1%.

Devido aos altos valores encontrados para o coeficiente de determinação (r^2) achou-se desnecessário utilizar outro método estatístico, mais preciso, para se testar a distribuição normal dos dados. A partir dos gráficos das Figuras 10 a 19, foram traçados os gráficos das Figuras 28 a 32, os quais relacionam o número mínimo de dias secos consecutivos para cada quinzena de cada mês, para cada CAD estudada, aos níveis de probabilidade teórica de 10%, 20%, 30%, 40% 50%, 60% e 80%. Is

Tabela 9 - Valores dos coeficientes de determinação (r^2) das equações $PL = a + bD$, onde D , significa o número mínimo de dias secos consecutivos observados e PL é a probabilidade empírica de ocorrência de D , marcada numa escala linear, probabilidade linear, paralela à escala do papel de probabilidade, para as CADs estudadas e por período quinzenal.

Mês/Quinz. \ CAD	18 mm	38 mm	50 mm	100 mm	175 mm
JAN - 1. ^a	0,94	0,98	0,98	0,97	0,99
JAN - 2. ^a	0,88	0,93	0,98	0,99	0,98
FEV - 1. ^a	0,99	0,94	0,96	0,93	0,97
FEV - 2. ^a	0,93	0,94	0,96	0,94	0,92
MAR - 1. ^a	0,97	0,99	0,98	0,96	0,99
MAR - 2. ^a	0,98	0,95	0,98	0,95	0,98
ABR - 1. ^a	0,97	0,98	0,98	0,97	0,96
ABR - 2. ^a	0,95	0,99	0,97	0,96	0,98
MAI - 1. ^a	0,93	0,98	0,96	0,99	-
MAI - 2. ^a	0,98	0,85	0,92	0,91	-
JUN - 1. ^a	0,98	0,97	0,90	0,99	-
JUN - 2. ^a	0,99	0,95	0,99	0,99	-
JUL - 1. ^a	0,91	0,91	0,99	0,99	-
JUL - 2. ^a	0,98	0,97	0,99	0,98	-
AGO - 1. ^a	0,95	0,91	0,91	0,99	-
AGO - 2. ^a	0,97	0,93	0,95	0,98	-
SET - 1. ^a	0,97	0,99	0,99	-	-
SET - 2. ^a	0,99	0,93	0,79	-	-
OUT - 1. ^a	0,99	0,99	0,99	0,99	-
OUT - 2. ^a	0,97	0,97	0,97	0,99	-
NOV - 1. ^a	0,98	0,99	0,98	0,94	0,99
NOV - 2. ^a	0,90	0,91	0,94	0,88	0,98
DEZ - 1. ^a	0,93	0,93	0,88	0,99	0,98
DEZ - 2. ^a	0,88	0,83	0,80	0,90	0,97
Média	0,9466	0,9462	0,9495	0,9627	0,9741
Desv. Padrão	0,0346	0,0430	0,0555	0,0332	0,0192
C. Variação (%)	3,6286	4,5461	5,8549	3,4552	1,9798

Tabela 10 - Valores dos coeficientes de determinação (r^2) das equações $PL = a + bD$, onde D significa o número mínimo de dias secos consecutivos observados e PL é a probabilidade empírica de ocorrência de D, marcada numa escala linear, probabilidade linear, paralela à escala do papel de probabilidade, para as CADs estudadas e por período mensal.

Mês \ CAD	18 mm	38 mm	50 mm	100 mm	175 mm
JAN	0,93	0,98	0,99	0,97	0,96
FEV	0,97	0,99	0,97	0,99	0,99
MAR	0,97	0,99	0,99	0,96	0,98
ABR	0,98	0,97	0,99	0,98	0,98
MAI	0,96	0,98	0,97	0,98	0,99
JUN	0,99	0,99	0,91	0,99	-
JUL	0,99	0,95	0,97	0,99	-
AGO	0,98	0,98	0,96	0,99	-
SET	0,98	0,90	0,86	-	-
OUT	0,99	0,98	0,99	0,99	-
NOV	0,87	0,94	0,91	0,99	0,98
DEZ	0,93	0,88	0,94	0,87	0,96
Média	0,9617	0,9608	0,9541	0,9727	0,9771
D.Padrão	0,0356	0,0367	0,0414	0,0355	0,0125
C.Variação(%)	3,7053	3,8293	4,3432	3,6518	1,282

Tabela 11 - Valores dos coeficientes de determinação (r^2) das equações $PL = a + bD$, onde D significa o número mínimo de dias secos consecutivos observados e PL é a probabilidade empírica de ocorrência de D, marcada numa escala linear, probabilidade linear, paralela à escala do papel de probabilidade, para as CADs estudadas e por período trimestral.

Trim/Ano \ CAD	18 mm	38 mm	50 mm	100 mm	175 mm
1º Trimestre	0,97	0,96	0,96	0,94	0,94
2º Trimestre	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98
3º Trimestre	0,95	0,93	0,99	0,99	0,99
4º Trimestre	0,92	0,90	0,87	0,91	0,95
Média	0,9575	0,9425	0,9525	0,9575	0,965
D.Padrão	0,0298	0,0350	0,0567	0,0394	0,0238
C.Variação(%)	3,1186	3,7135	5,9621	4,1228	2,4668

so quer dizer o seguinte, tomando como exemplo o CAD de 18 mm na 1.^a quinzena do mês de janeiro, que há 80% de probabilidade teórica de ter-se um número mínimo de dias secos consecutivos igual a 5,4 dias. Ou de outra forma que há uma probabilidade teórica de ocorrer um número mínimo de dias secos consecutivos igual a 5,4 dias, na 1.^a quinzena de janeiro, ao nível de 80%.

As figuras de 28 a 32, foram obtidas com o intuito de ter-se uma visão geral durante as 24 quinzenas do ano e para cada CAD, de como se comporta a seca quanto aos períodos mais ou menos severos. Através de sua análise, pode-se saber o risco de insucesso que uma cultura pode ter, plantando-se numa ou outra época, necessidades de irrigação, enfim como orientação para um melhor planejamento agrícola.

A apresentação, segundo os gráficos das figuras 10 a 32, foi a maneira que julgamos mais conveniente para se estudar e apresentar os resultados obtidos quanto a caracterização da seca agrônômica, segundo o critério de dias secos consecutivos.

Para que não haja dúvidas quanto a interpretação dos gráficos das figuras de 10 a 27, elaboramos um exemplo relativo do mês de janeiro e 50 mm de capacidade de água disponível máxima-CAD. Assim, através do gráfico da Figura 22, podemos observar que para 15 dias secos consecutivos (eixo das abscissas) há uma probabilidade teórica de ocorrência de 50% (eixo das ordenadas). Então, tem-se para cada mês de janeiro e para 50 mm de CAD:

- a) 50% de probabilidade teórica de ocorrer pelo menos uma sequência igual ou maior do que 15 dias secos, ou,
- b) 50% de probabilidade teórica de ocorrer pelo menos uma sequência de, no mínimo 15 dias secos, ou,
- c) 50% de probabilidade teórica de ocorrer uma sequência igual ou maior que 15 dias secos, ou,
- d) 50% de probabilidade teórica de ocorrer uma sequência de, no mínimo 15 dias, ou ainda,
- e) 50% de probabilidade teórica (uma vez em cada 2 anos) de ocorrer no mínimo 15 dias secos consecutivos.

Evidentemente, que todas essas interpretações estão corretas, apenas que, para períodos maiores de 15 dias é irrelevante dizer-se, "pelo menos uma vez", pelo fato de não ser possível em um mês ter mais de uma sequência de 16 dias ou mais dias secos.

Para alguns meses e para as CADs muito elevadas, não foi possível traçar a reta de probabilidade teórica versus o número mínimo de dias secos consecutivos devido ter mais de 92,31% de probabilidade de não ocorrer dia seco, e por dois pontos ou menos ficou difícil para caracterizar a reta ou mesmo ser irrelevante o período seco (Figura 18 e 19).

Como era de se esperar, a medida que aumenta a CAD do solo menor número de períodos de estiagem ocorrem. Pela análise dos gráficos das figuras 28 a 32, pode-se observar que os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, correspondendo ao 4º e 1º trimestres do ano, são os que se

evidenciam pelo maior número de dias secos consecutivos e nas maiores seqüências, em qualquer nível de CAD, mesmo para 175 mm. As quinzenas correspondentes aos meses de abril-maio também evidenciam-se pelo número de dias secos consecutivos apresentados. A ocorrência das seqüências de dias secos, sua marcha anual, assemelha-se muito com a da Evapotranspiração Potencial, tendo sua severidade evidenciada nos meses mais quentes do ano, diminuindo a medida que se aproxima dos meses de inverno. Nesse contexto, duas exceções devem ser ressaltadas, a primeira refere-se aos meses de abril e maio, onde o número mínimo de dias secos é elevado e, segundo, a segunda quinzena de agosto e o mês de setembro, possuem uma probabilidade de ocorrência de dias secos consecutivos bastante baixa, mesmo para 18 mm de CAD.

Podemos ressaltar, ainda, que mesmo para 175 mm de CAD, nos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, a severidade da seca é de tal forma acentuada que para o mês de janeiro, 2.^a quinzena, há 50% de probabilidade teórica de ocorrer um n.º mínimo de 6,5 dias secos consecutivos. Isso vem nos informar que a ocorrência da seca agronômica, mais acentuada no 1.º e 4.º trimestres, não deve-se apenas a baixa capacidade de armazenamento de água dos solos, mas também e, principalmente, às insuficientes precipitações nessas épocas do ano, aliada a alta demanda atmosférica.

Considerando, ainda, um risco de 10% e uma seqüência de 10 dias secos ou mais como uma condição de seca signifi

cativa, verifica-se na região em estudo que, mesmo para 100 mm de CAD, há a ocorrência de seca em sete meses do ano, com exceção de junho, julho, agosto, setembro e outubro. E, para um risco de 30% e uma sequência de 10 dias secos ou mais, temos a sua ocorrência ainda em quatro meses do ano, sendo eles: janeiro, fevereiro, novembro, e dezembro (Figura 23).

Dessa forma, podemos concluir uma vez mais que, a seca na região estudada se faz sentir mais drasticamente nos meses correspondentes ao primeiro e último trimestre do ano, com ênfase maior nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

Considerando o solo "Ararangua", de grande ocorrência na região e de baixa capacidade de armazenamento de água, em torno de 38 mm em um metro de profundidade, apresenta seca agrônômica em todos os meses do ano ao nível de 10% e 20% de probabilidade (Figura 29). Aos mesmos níveis de probabilidade, verifica-se que nos meses mais quentes, isto é, 1º e 4º trimestres, a menor sequência provável de dias secos é de 8,7 dias, verificada na 2ª quinzena do mês de outubro, traduzindo a severidade com que a seca agrônômica se manifesta nesses solos.

Figura 10 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, em cada quinzena de cada mês do calendário e para 18 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

CAD = 18 mm

Figura 11 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, em cada Quinzena de cada mês do calendário e para 18 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

Figura 12 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dia Secos Consecutivos, em cada Quinzena de cada mês do calendário e para 38 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

CAD = 38 mm

Figura 13 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, em cada Quinzena de cada mês do calendário e para 38 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima-CAD.

CAD = 50 mm

Figura 14 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, em cada Quinzena de cada mês do calendário e para 50 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima-CAD.

CAD = 50 mm

Figura 15 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, em cada Quinzena de cada mês do calendário e para 50 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima- CAD.

CAD = 100 mm

Figura 16 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, em cada Quinzena de cada mês do calendário e para 100 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

CAD = 100 mm

Figura 17 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um Dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, em cada Quinzena de cada mês do calendário e para 100 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

CAD = 175 mm

Figura 18 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, em cada quinzena de cada mês do calendário e para 175 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima-CAD

CAD = 175 mm

Figura 19 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, em cada Quinzena de cada mês do calendário e para 175 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

Figura 20 - Probabilidade Teórica de ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, para cada mês do calendário e para 18 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD

CAD = 38 mm

Figura 21 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, para cada mês do calendário e para 38 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

Figura 22 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado, Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, para cada mês do calendário e para 50 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD

CAD = 100 mm

Figura 23 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, para cada mês do calendário e para 100 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

CAD = 175 mm

Figura 24 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, para cada mês do calendário e para 175 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD

CAD = 18 mm

CAD = 38 mm

Figura 25 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, para cada Trimestre do Ano e para 18 mm e 38 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

Figura 26 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, para cada Trimestre do Ano e para 50 mm e 100 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

CAD = 175 mm

Figura 27 - Probabilidade Teórica de Ocorrer um dado Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos, para cada Trimestre do Ano e para 175mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD.

Figura 28 - Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos esperados, em cada quinzena de cada mês do calendário, aos níveis de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 80% de Probabilidade Teórica, para 18 mm de CAD.

Figura 29 - Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos esperados, em cada quinzena de cada mês do calendário, aos níveis de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 80% de Probabilidade Teórica, para 38 mm de CAD.

Figura 30 - Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos esperados, em cada quinzena de cada mês do calendário, aos níveis de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 80% de Probabilidade Teórica, para 50 mm de CAD.

Figura 31 - Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos esperados, em cada quinzena de cada mês do calendário, aos níveis de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 80% de Probabilidade Teórica, para 100 mm de CAD.

Figura 32 - Número Mínimo de Dias Secos Consecutivos esperados, em cada quinzena de cada mês do calendário, aos níveis de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, e 60% de Probabilidade Teórica, para 175 mm de CAD.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

1) A equação de PENMAN simplificada, com a utilização da evaporação de "Piche", em comparação com a equação original de PENMAN (1948), forneceu muito boas estimativas da evapotranspiração potencial-ETP média diária mensal, com um coeficiente de determinação (r^2) médio, para a série de 26 anos estudada, de 99,06% e coeficiente de variação de 0,61%.

2) As estimativas do termo aerodinâmico, baseadas na evaporação de "Piche", mostraram-se muito mais seguras em relação às aquelas estimadas pela equação de PENMAN (1948), baseadas em estimativas de velocidade média do vento pouco confiáveis. Dessa forma, as estimativas do termo aerodinâmico da equação de PENMAN, a partir de dados da evaporação de "Piche" é medida confiável e útil, principalmente em locais carentes de medidas adequadas da velocidade do vento ou mesmo in-existent.

3) O número de contagens de dias secos totais efetuados por períodos quinzenais, mensais, trimestrais e anuais foi sempre o mesmo. Entretanto o número de seqüências aumentou à medida que diminuiu o período de contagem. Comparando-se as contagens por mês e trimestre, verificou-se que mais de 85% das seqüências eram menores do que 38 dias, considerando os trimestres mais secos e, desta forma, contagens entre trimestres e ano, tornaram-se ineficientes, além do fato que, em períodos anuais, sua contagem nada pode informar sobre a ocorrência de suas seqüências de dias secos, se no início, no meio ou final do ano.

Assim, podemos sugerir que em locais com precipitações mais bem distribuídas, embora insuficientes, o estudo de seqüências de dias secos deverá ser efetuado no máximo em contagem de três meses. As contagens de seqüências por períodos menores do que um mês, dão boas informações quanto sua maior ocorrência dentro do mês, orientando o planejamento das atividades agrícolas, embora perdendo em informação quanto as ocorrências de seqüências maiores do que o período estudado e, conseqüentemente, sua severidade.

4) Para a Região estudada, os meses com maiores ocorrências de dias secos totais, bem como em seqüências maiores evidenciaram-se no primeiro e quarto trimestres do ano, ou seja, nos períodos de primavera-verão, embora o número total de dias secos para cada período diminuía à medida que o CAD aumentava. Os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro

ro, fevereiro e março, foram os que se evidenciaram pelo maior número de dias secos consecutivos e em maiores seqüências, em qualquer nível de CAD estudado, mesmo para 175 mm. As seqüências correspondentes aos meses de abril e maio também apresentaram-se com número elevado de dias secos consecutivos. Os meses correspondentes ao 3º trimestre do ano foram os que se mostraram menos suscetíveis à ocorrência de seca agrônômica. A ocorrência das seqüências de dias secos, sua marcha anual, assemelhou-se, macroscopicamente, com a da evapotranspiração potencial, sendo a sua severidade ressaltada nos meses mais quentes do ano, primavera-verão, diminuindo a medida que aproximou-se dos meses de inverno.

5) As distribuições de probabilidades do número mínimo de dias secos consecutivos por períodos quinzenais, mensais e trimestrais, ajustaram-se à curva normal.

6) Mesmo para 175 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima no Solo-CAD, nos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março a severidade da seca é de tal forma acentuada que, para o mês de janeiro, na 2ª quinzena, há 50% de probabilidade teórica de ocorrer um número mínimo de 6,5 dias secos consecutivos. Confirmando que a ocorrência da seca agrônômica nessa região, mais acentuada no 4º e 1º trimestres, não somente se deve à baixa capacidade de armazenamento de água dos solos, mas sim às insuficientes precipitações nessa época do ano, aliada a alta demanda atmosférica.

7) Considerando, ainda, 100 mm de CAD, há ocorrência de seca em sete meses do ano, com exceção dos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro, levando-se em conta um risco de 10% e uma sequência de 10 dias secos ou mais como condição de uma seca significativa. E, ainda, para um risco de 30% e uma sequência de 10 dias secos ou mais, há a sua ocorrência em quatro meses do ano, isto é, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

8) Levando-se em consideração o solo Araranguá, de grande presença na área estudada por sua extensão e de baixa capacidade de armazenamento de água no solo, em torno de 38 mm para um(1) metro de profundidade, apresenta seca agrônômica em todos os meses do ano ao nível de 10% e 20% de probabilidade. Nos períodos mais quentes do ano, isto é, 1º e 4º trimestre, nos mesmos níveis de probabilidade, a menor sequência de dias secos ocorrida foi de 8,7 dias na 2ª quinzena do mês de outubro, traduzindo, dessa forma, a severidade com que a seca agrônômica se manifesta nesses solos e região.

De uma maneira geral, a seca agrônômica é bastante severa na região de Laguna, mesmo considerando-se os solos com maior CAD, nos meses correspondentes a primavera-verão.

6. LITERATURA CITADA

- AL-KHAFAR, S., P.J. WIERENGA e B.C. WILLIAMS, 1978. Evaporative Flux from Irrigated Cotton as Related Leaf area index, soil water and evaporative demand. Agronomy Journal, Washington, 70(6): 912-17.
- AMIR, I., J.B. ARNOLD e W.K. BILANSKI, 1977. A procedure for determining probabilities of dry and wet days. Canadian Agricultural Engineering, Ottawa, 19:2-5.
- BAIER, W. e G.W. ROBERTSON, 1966. A New Versatile Soil Moisture Budget. Canadian Journal of Plant Science, 46:299-315.
- BAHRANI, B. e T. STERLING, 1961. Influence of Soil Moisture Potential and Evaporative demand on the actual evapotranspiration from an alfalfa field. A. J. Washington, 53:233-36.
- BARGER, G.L. e H.C.S. THOM, 1949a. A Method for Characterizing Drought Intensity in Iowa. Agronomy Journal, Washington, 41: 13-19.

- BARGER, G.L. e H.C.S. THOM, 1949b. Evalvation of Drought Hazard. Agronomy Journal, Washington, 41(11): 519-26.
- BARROS FERRAZ, E.S., 1972, Estudo da Evapotranspiração Real através da Medida de Umidade do Solo por Moderação de Neutrons. Piracicaba, SP-CENA-Boletim Científico-BC.005. 40p.
- BERLATO, M.A. e L.C.B. MOLION, 1981. Evaporação e Evapotranspiração. Porto Alegre, RS. IPAGRO/SA.BT, 7:96 p.
- BRUNINI, O., 1975. Relações Solo-Água-Planta em Cultura de Arroz em Condições de Sequeira. Piracicaba. ESALQ. 728 p. (Tese de Doutorado).
- CAMARGO, A.P., 1966. Contribuição para Determinação da Evapotranspiração Potencial do Estado de São Paulo. Boletim do Instituto Agrônomo, Campinas, nº 161, 53 p.
- CHANG, Jen-Hu, 1961. Microclimate of Sugar Cane. Hawaii Planter's Record. 56:195-223.
- CHANG, Jen-Hu, 1968. Climate and Agriculture - An Ecological Survey. Chicago. Aldine Publishing Company, 304 p.
- CHAPAS, L.C. e A.R. REES, 1964. Evaporation and Evapotranspiration in Southern Nigeria. Quarterly Journal, Royal Meteorological Society, 90:313-19.
- DAKER, A., 1973. Irrigação e Drenagem. In A Água na Agricultura. Rio de Janeiro. Freitas Bastos, 4.^a ed., vol. 3, p.325-328; 336-339.
- DAMARIO, E.A. e A.ESCALES, 1971. Agroclimatologia de la Sequia en la Region Semi-arida Sudoccidental Pampeana. Argentina. Rev. Fac. de Agron., La Plata, 47(2): 225-274.

- DECKER, W.L., 1957. The Likelihood of Extended Dry Periods in Northeast Missouri. Bulletin American Meteorological Society, Vol. 38(10): 615-617.
- DENMEAD, O.P. e R.H. SHAW, 1962. Availability of Soil Water to as Affected by Soil Moisture and Meteorological Conditions. Agronomy Journal, Washington, 54(5): 385-90.
- EAGLEMAN, J.R. e W.L. DECKER, 1965. The Role of Soil Moisture in Evapotranspiration. Agronomy Journal, Washington, 57: 626-29.
- EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina. Porto Alegre, Palotti, 1978. 150 p.
- FAO, 1975. Crop Water Requirements. Rome. Irrigation and Drainage Paper nº 24, 179 p.
- FAO, 1979. Yield Response to Water. Rome. Irrigation and Drainage Paper nº 33, 193 p.
- FRITSCHEN, L.T. e R.H. SHAW, 1961. Evapotranspiration for Corn as Related to Pan Evaporation. Agronomy Journal, Washington, 53: 149-50.
- GAVANDE, S.A. e S.A. TAYLOR, 1967. Influence of Soil, Water Potential and Atmospheric Evaporative Demand on Transpiration and the Energy Status of Water in Plants. Agronomy Journal, Washington, 59 (1): 4-7.
- GRADWELL, M.W., 1968. The Moisture-Holding Properties of Waitiatu Soils and Methods of their Determination. New Zealand Journal of Agric. Research. Wellington, 11: 631-654.

- HARGREAVES, G.H., 1974. Precipitation Dependability and Potential for Agricultural Production in Northeast Brasil. Logan, UTAH STATE UNIVERSITY, 15 p.
- JENSEN, M.E., J.L. WRIGHT e J.B. PRATT, 1971. Estimating Soil Moisture Depletion from Climate, Crop and Soil data. TRANSACTION OF THE ASAE, Michigan, 14: 954-959.
- JENSEN, M.E., 1973. Consumptive Use of Water and Irrigation Water and Irrigation Water Requirements. Am.Soc.Civil Eng., New York. p.215.
- KOWAL, J.M. e A.H. KASSAM, 1973. Water Use, Energy Balance and Growth of Maize at Samaru. Northern Negeria. Agricultural Meteorology, 12(3): 391-406.
- KRAMER, P.J., 1963. Water Stress and Plant Growth. Agronomy Journal, 55:31-35.
- LAWRENCE, E.N., 1957a. Estimation of the Frequency of Runs of Dry Days (part.1), Meteorological Magazine, London, 86(1023): 257-69.
- LAWRENCE, E.N., 1957b. Estimation of the Frequency of Runs of Dry Days (Part.II), Meteorological Magazine, London, 86: 301-304.
- LEMON, E.R., A.H. GLASSER e L.E. SATTERWHITE, 1957. Some Aspects of the Relationship of Soil, Plant and Meteorological Factors to Evapotranspiration. Soil Science Soc.Am.Proc., Madison, 21:464-68.

- LETEY, J. e G.B. BLANK, 1961. Influence of Environment of the Vegetative Growth of Plants Watered at Various Soil Moisture Suctions. Agronomy Journal, Washington, 53: 151-53.
- LEVITT, J., 1960. Some Problems in Drought Resistance. Bull. Res.Couns. of Israel, 80: 173-180.
- MALLIK, A.K. e T.S. GOVINDASWAMY, 1963. The Drought Problems of India in Relation to Agriculture. Poona, USA. ANNALS of A-ria Zone, Vol. 1, nº 2: 106-113.
- MATZENAUER, R., 1980. Evapotranspiração do Milhó (Zea mays L.) e suas Relações com Fórmulas e Parâmetros Meteorológicos. Porto Alegre, RS - UFRGS: 128 p. (Tese de Mestrado).
- MATHER, J.R., 1954. The Determination of Soil Moisture from Climate Data. Bulletin of the American Meteorological Society, Easton, Pa, 35: 63-68.
- MEDHI, J., 1976. A Markov Chain Model for the Occurrences of Dry and Wet Days. Indian Journal of Meteorology, Hidrology and Geophysics, New Delhi, 27(4): 431-5.
- MEDINA, H.P., 1975. Água no Solo. In: MORIZ, A.C., Coord. Elementos de Pedologia. 2.^a ed., Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., p. 45-57.
- MILLAR, A.A. e W.R. GARDNER, 1972. Effect of the Soil and Plant Water Potentials on the Dry Matter Production of Snap Beans. Agronomy Journal, Washington, 64(5): 559-62.
- MONTEITH, J.L., 1959. The Reflection of Short-Wave Radiation

by Vegetation. Quarterly Journal Royal Meteorological Society, 85: 386-92.

MORETTI FILHO, J., 1965. Caracterização da Seca Agrônômica na Zona Canavieira do Estado de São Paulo como Base para os Estudos de Irrigação. Piracicaba. ESALQ/USP, 93p. (Tese de Livre-Docência.

MOTA, F.S. da, 1975. Meteorologia Agrícola. São Paulo. Livraria Nobel, 376 p.

MOTA, F.S. da e M.I.C. BEIRSDORF, 1976. Medidas e Estimativas da Evapotranspiração Potencial em Pelotas, Rio Grande do Sul. Ciência e Cultura. São Paulo, 28(6): 666-672.

MOTA, F.S. da, M.I.C. BEIRSDORF e M.J.C. ACOSTA, 1977. Estimates of Solar Radiation in Brasil. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 18(1): 241-254.

NANKEN, L.N., C.J. GERARD e R.G. BROWN, 1968. Evapotranspiration of Cotton and Estimation Methods. Agronomy Journal, Washington, 60: 4-7.

OMETTO, J.C., 1974. Uma Equação para a Estimativa de Evapotranspiração Potencial. Sua Aplicação no Cálculo das Necessidades Hídricas e do Rendimento Agro-industrial da Cana-de-açúcar na Região de Piracicaba (SP), (Tese de Docência-ESALQ/USP).

ORTOLANI, A.A., A.P. CAMARGO e N.A. VILLA NOVA, 1966. Correlação entre valores decendiais da Evapotranspiração Potencial Calculados Segundo Método de PENMAN e de THORNTHWAITE de Da

dos de Evapotranspirômetros, na Região de Ribeirão Preto.
Bragantia, Campinas, LXV-LXVIII (nota nº 150).

PELTON, W.L., K.M. KING e G.B. TANNER, 1960. An Evaluation of THORNTHWAITE and Mean Temperature Methods for determining Potencial Evapotranspiration. Agronomy Journal, Washington, 52: 387-95.

PENMAN, H.L., 1948. Natural Evaporation from open Water, Bare Soil, and Grass. Proceedings, Royal Society, Series A, 193: 120-45.

PENMAN, H.L., 1949a. Meteorology and Agriculture. Quart.J.Roy. Met.Soc., 75: 298-324.

PENMAN, H.L., 1949b. The Dependence of Transpiration on Weather and Soil Conditions. J.of Soil Sci., 1: 74-89.

PENMAN, H.L., 1952. The Physical Bases of Irrigation Control. In: Report of the Thirteenth International Horticultural Congress, London.

PETERS, D.B., 1965. Water Availability. In: BLACK, C.A. Methods of Soil Analysis. Madison. Part.1, Cap. 19, p. 279-285.

PIERCE, L.T., 1958. Estimating Seasonal and Short Term Fluctuations in Evapotranspiration. Bulletin of the American Meteorological Society, Easton, Pa., 39: 73-8.

PIERCE, L.T., 1960. A Practical Method of Determining Evapotranspiration from Temperatura and Rainfall. Transactions of the ASAE, 3(1): 77-81.

- PIMENTEL GOMES, F., 1978. Curso de Estatística Experimental, USP, ESALQ, Livraria Novel, 8.^a ed., Piracicaba, Brasil.
- PRUITT, W.O. e M.C. JENSEN, 1955. Determining when to Irrigate. Agricultural Engineering, ST. Joseph, 36(4): 389-93.
- PRUITT, W.O., 1960. Correlation of Climatological Data with Water Requirement of Crops. Department of Irrigation, University of California, Davis.
- REICHARDT, K., 1975. Processos de Transferência no Sistema Solo-Planta-Atmosfera. Piracicaba, USP/CNEN e Fundação CARGILL 3.^a ed., 286 p.
- RICHARDS, L.A., 1955. Retention and Transmission of Water in Soils. Yearbook.
- RITCHIE, J.T. e E. BURNETT, 1971. Dryland Evaporative Flux in a Subhumid Climate. II-Plant Influences. Agronomy Journal, Washington, 63: 56-62.
- ROSE, C.W., 1966. Agricultural Physics. New York. Pergamon Press. 270 p.
- SANTA CATARINA. SECRETARIA DA AGRICULTURA, 1973. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina. Santa Maria, Imprensa Universitária. 2 Volumes.
- SANTA CATARINA. SECRETARIA DA AGRICULTURA, 1973. Levantamento Semi-detalhado dos Solos das Regiões de Laguna e Sul do Estado de Santa Catarina. Santa Maria, Imprensa Universitária.
- SCÁRDUA, R., 1970. Evapotranspiração Real da Cultura de Milho

- como Base aos Projetos de Irrigação. Piracicaba, ESALQ/USP. 160 p. (Tese de Doutorado).
- SCÁRDUA, J.A., 1979. Ocorrência de Dias Secos Consecutivos na Região de Cachoeira de Itapemirin, Estado do Espírito Santo. Piracicaba, ESALQ/USP, 78 p. (Tese de Mestrado).
- STANHILL, G., 1962. The Use of the "Piche" Evaporimeter in the Calculation of Evaporation. Quart. J.R.Met.Soc. 88:80-82.
- TANNER, C.R. e W.L. PELTON, 1960. Potencial Evapotranspiration Estimates by the Energy Balance Method of PENMAN. J.Geophys. Res. 65(10): 3391-3413.
- TANNER, C.B., 1967. Measurement of Evapotranspiration. Agronomy Journal, 11:534-74.
- THOM, H.C.S., 1966. Some Methods of Climatological Analises. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, Technical Note, 81, 53 p.
- THORNTHWAITE, C.W., 1946. The Moisture-Factor in Climate. Trans. Am. Geophys.Union, 27:41-48.
- THORNTHWAITE, C.W., 1948. An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geographical Review, 38: 35-94.
- THORNTHWAITE, C.W. e J.R. MATHER, 1955. The Water Balance. Centerton, New Jersey. Drexel Institute of Techonology, Publications in Climatology, Vol. VIII. 104 p.
- THORNTHWAITE, C.W. e J.R. MATHER, 1957. Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Wa-

ter Balance. Centerton, New Jersey, Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology, Vol.X, nº 3. 311 p.

VAN BAVEL, C.H.M. e T.V. WILSON, 1952. Evapotranspiration Estimates as Criteria for Determining Time of Irrigation. Agricultural Engineering, 33: 417-420.

VAN BAVEL, C.H.M., 1953. A Drought Criterion and Its Application in Evaluating Drought Incidence and Hazard. Agronomy Journal. Washington. 45: 167-172.

VEIHMEYER, F.J. e T.H. HENDRICKSON, 1955. Does Transpiration Decrease as the Soil Moisture Decrease? Trans. Am. Geophys. Union, 36: 425-48.

VILLA NOVA, N.A., 1973. Estudos sobre o Balanço de Energia em Cultura de Arroz. Piracicaba. ESALQ/USP. 98 p. (Tese de Livre-Docente).

VILLA NOVA, N.A., V. BARBIERI e R. SCÁRDUA, 1980. Evaporação e Evapotranspiração: Principais Métodos de Estimativa Climatológica segundo as Recomendações da FAO (1979). Piracicaba. Departamento de Física e Meteorologia. ESALQ/USP. 22 p.

VILLA NOVA, N.A. e J.C. OMETTO, 1981. Adaptação e Simplificação do Método de PENMAN às Condições Climáticas do Estado de São Paulo. IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos. 15-19 de novembro. Fortaleza/CE, Brasil.

A P É N D I C E S

APÊNDICE 1 : Totais de Dias Secos por Quinzena, Mês (SM), Trimestre , Semestre e Ano, nos 26 anos, para 50 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima do Solo - CAD

Mês e Quinz.	Janeiro				Fevereiro				Março				Abril				Maio				Junho				Trim.		Sem. TOTAL ANUAL
	Julho				Agosto				Setembro				Outubro				Novembro				Dezembro				Seg.	Quart.	
	1ª	2ª	3ª	SM	1ª	2ª	3ª	SM	1ª	2ª	3ª	SM	1ª	2ª	3ª	SM	1ª	2ª	3ª	SM	1ª	2ª	3ª	SM			
Ano	1ª	2ª	3ª	SM	1ª	2ª	3ª	SM	1ª	2ª	3ª	SM	1ª	2ª	3ª	SM	1ª	2ª	3ª	SM	1ª	2ª	3ª	SM			
1955	8	15	23		15	3	18		0	10	10		51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51			
	0	0	0		0	0	0		0	0	0		0	1	9	10	13	5	18	5	13	18	46	46			
1956	14	2	16		0	2	2		0	0	0		18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18			
	0	0	0		0	0	0		1	0	1		1	3	5	8	9	15	24	15	16	31	63	64			
1957	14	15	29		2	6	8		4	0	4		41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41			
	0	0	0		0	0	0		0	0	0		0	8	3	11	0	0	0	1	10	11	22	22			
1958	15	7	22		11	7	18		7	0	7		47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47			
	0	0	0		2	0	2		0	0	0		2	0	5	5	9	0	9	1	6	7	21	23			
1959	0	0	0		3	13	16		15	6	21		37	11	7	18	4	3	7	0	0	0	25	62			
	0	0	0		0	0	0		0	0	0		0	1	7	8	15	30	13	16	29	67	67				
1960	15	10	25		0	2	2		0	1	1		28	2	2	4	15	2	17	8	5	13	34	62			
	4	13	17		0	0	0		0	0	0		17	4	0	4	2	5	7	15	15	30	41	58			
1961	9	6	15		9	9	18		0	0	0		33	6	0	6	0	0	0	0	0	0	6	39			
	0	0	0		1	1	2		1	0	1		3	0	0	0	0	6	6	6	7	13	19	22			
1962	14	11	25		4	7	11		12	0	12		48	1	4	5	15	2	17	0	0	0	22	70			
	0	0	0		0	0	0		0	0	0		0	0	14	14	9	11	20	15	16	31	65				
1963	8	0	8		0	7	7		0	1	1		16	0	11	11	10	16	26	12	3	15	52	68			
	1	0	1		0	0	0		0	0	0		1	0	0	0	2	4	6	0	15	15	21	22			
1964	15	16	31		12	1	13		9	12	21		65	10	8	18	0	0	0	0	0	0	18	83			
	0	0	0		0	0	0		0	0	0		0	0	0	0	7	9	16	7	16	23	39	39			
1965	15	16	31		15	13	28		2	5	7		66	4	3	7	0	1	1	1	11	12	20	86			
	3	12	15		7	1	8		0	0	0		23	7	13	20	12	4	16	10	7	17	53	76			
1966	14	2	16		1	0	1		0	0	0		17	0	0	0	8	15	23	12	0	12	35	52			
	0	0	0		5	8	13		0	0	0		13	3	0	3	8	9	17	4	7	11	31	44			
1967	3	16	19		8	10	18		6	10	16		53	4	0	4	0	0	0	0	0	0	4	57			
	0	0	0		7	1	8		0	0	0		8	1	3	4	6	11	17	15	16	31	52	60			
1968	15	12	27		14	14	28		15	7	22		77	4	14	18	15	16	31	6	0	6	55	132			
	0	0	0		3	16	19		11	0	11		30	6	2	8	3	15	18	10	5	15	41	71			
1969	0	14	14		15	0	15		8	4	12		41	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	42			
	0	0	0		5	7	12		0	0	0		12	11	12	23	0	0	0	14	16	30	53	65			

APÊNDICE 1 (continuação)

1970	1	12	13	15	11	26	12	0	12	51	9	11	20	0	0	0	0	0	20	71	133
	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	4	0	4	11	15	15	30	0	60	62	
1971	0	15	15	11	11	22	3	0	3	40	0	0	0	0	0	2	0	2	2	42	113
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	15	15	16	31	71	71		
1972	9	5	14	9	1	10	0	0	0	24	0	0	0	6	5	11	0	0	11	35	53
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5	8	13	18	18	
1973	4	11	15	1	0	1	6	10	16	32	14	2	16	0	0	0	0	0	16	48	102
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	9	15	5	10	15	11	24	54	54	
1974	11	16	27	15	1	16	0	0	0	43	2	9	11	0	0	0	0	0	11	54	
	0	0	0	1	15	16	0	6	6	22	15	8	23	2	10	12	16	21	56	78	132
1975	14	16	30	4	13	17	6	15	21	68	6	12	18	0	0	0	0	0	18	86	108
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	6	14	16	22	22	
1976	15	11	26	13	3	16	2	0	2	44	2	12	14	6	0	6	0	0	20	64	
	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	15	10	25	10	0	10	7	15	50	58	122
1977	1	4	5	0	9	9	14	5	19	33	0	2	2	8	0	8	5	8	18	51	88
	15	0	15	0	0	0	0	7	7	22	0	3	3	0	1	1	6	11	15	37	
1978	11	3	14	0	0	0	0	0	0	14	3	15	18	7	12	19	14	23	60	74	133
	15	3	18	0	0	0	0	0	0	18	12	3	15	4	6	10	4	16	41	59	
1979	7	16	23	12	4	16	8	1	9	48	4	0	4	0	0	0	0	0	4	52	85
	0	0	0	4	2	6	4	9	13	19	0	0	0	0	4	4	7	10	14	33	
1980	14	11	25	11	7	18	0	0	0	43	10	2	12	1	0	1	4	15	28	71	109
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15	18	6	20	38	38	

	246	262	508	200	154	354	129	87	216	1078	92	115	207	95	72	167	64	42	106	480	1558
Somatório e	38	28	66	35	53	88	17	30	47	201	97	116	213	151	190	341	228	291	519	1073	2802
Médias dos anos	9,5	10,1	19,5	7,7	6,0	13,6	5,0	3,3	8,3	41,4	3,5	4,4	8,0	3,6	2,8	6,4	2,5	1,6	4,0	18,4	59,9
	1,5	1,1	2,5	1,3	2,0	3,4	0,65	1,1	1,8	7,7	3,7	4,5	8,2	5,8	7,3	13,1	8,8	11,2	20,0	41,3	108,9

APÊNDICE 2 : Sequências de Dias Secos, Quinzenais e por Ano, sua Duração e Ordem de Ocorrência, para
50 mm de Cap. de Água Disponível Máxima do Solo - CAD.

MÊS	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho	
	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
Quinzena	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Ano	Seq.											
	- S E Q U E N C I A S -											
1955	2-6	1-14	15	2-1	0	9-1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	5-4	1-12	5	2-3	1-7-5
1956	9-5	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	0	3	5	9	15	15	16
1957	14	9-6	2	6	4	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	8	3	0	0	1	10
1958	15	7	5-6	4-3	3-4	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	2	0	0	0	0	4-1	9	0	1	6
1959	0	0	2-1	13	15	1-5	5-3-3	7	4	3	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	5-2	15	15	13	16
1960	15	6-4	0	1-1	0	1	2	2	15	2	8	5
	4	2-5-6	0	0	0	0	4	0	2	4-1	15	12
1961	4-5	6	3-6	1-8	0	0	6	0	0	0	0	0
	0	0	1	1	1	0	0	0	0	6	6	7
1962	14	11	4	7	9-3	0	1	4	15	2	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	12-2	2-7	5-6	15	16
1963	8	0	0	4-3	0	1	0	11	9-1	16	5-7	3
	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3-1	0	4-11

APÊNDICE 2 (continuação)

MÊS	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho	
	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
Quinzena	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Ano	Seq. - S E Q U E N C I A S -											
1964	15	16	12	1	3-6	1-11	2-8	7-1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	7	5-4	5-2	16
1965	15	16	15	13	2	5	2-2	2-1	0	1	1	11
	2-1	12	7	1	0	0	7	6-1-6	12	4	1-9	5-2
1966	14	2	1	0	0	0	0	0	1-7	13-2	12	0
	0	0	5	8	0	0	2-1	0	7-1	5-4	1-1-2	2-5
1967	3	16	3-4-1	2-2-6	6	9-1	1-3	0	0	0	0	0
	0	0	7	1	0	0	1	3	6	10-1	15	16
1968	15	6-6	14	14	15	5-2	4	4-10	15	16	6	0
	0	0	3	16	11	0	6	2	2-1	15	7-3	5
1969	0	14	15	0	8	3-1	0	1	0	0	0	0
	0	0	5	7	0	0	4-7	12	0	0	14	6
1970	1	12	15	3-8	12	0	9	11	0	0	0	0
	0	0	0	2	0	0	4	0	11	15	15	15
1971	0	15	9-1-1	1-4-6	3	0	0	0	0	0	2	0
	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	15	16
1972	5-4	5	7-2	1	0	0	0	0	5-1	5	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5	8
1973	2-2	11	1	0	1-5	10	1-13	2	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	5-1	7-2	4-1	2-8	7-6	7-4

APÊNDICE 2 (continuação)

MÊS	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho	
	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
Quinzena	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a
Ano	- S E Q U E N C I A S -											
1974	4-7	16	15	1	0	0	2	4-3-2	0	0	0	0
	0	0	1	15	0	5-1	15	8	2	4-6	5	16
1975	9-5	16	1-3	13	6	3-12	2-4	12	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1-2	1-1	14
1976	15	4-7	9-4	3	2	0	2	5-1-6	1-5	0	0	0
	0	0	0	0	0	8	15	3-4-3	3-1-6	0	4-4	7
1977	1	1-3	0	9	1-13	5	0	2	2-6	0	3	3-2
	15	0	0	0	0	7	0	3	0	1	2-3	6
1978	5-6	3	0	0	0	0	3	15	7	12	7-2	10-4
	15	2-1	0	0	0	0	9-2-1	3	4	6	12	1-3
1979	7	16	12	4	8	1	4	0	0	0	0	0
	0	0	2-1-1	1-1	4	9	0	0	0	1-3	3	7
1980	14	8-3	6-3-2	2-5	0	0	10	2	1	0	11	4
	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15	14	5-1

APÊNDICE 3 : Sequências de Dias Secos, Mensais e por Ano, sua Duração e Ordem de Ocorrência, para
50 mm de Cap. de Água Disponível Máxima do Solo - CAD

Ano	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
	- S E Q U Ê N C I A S -											
1955	2-7-14	17-1	9-1	0	0	0	0					
	0	0	0	1-5-4	1-17	2-4-7-5						
1956	9-7	2	0	0	0	0						
	0	0	1	8	24	31						
1957	14-9-6	2-6	4	0	0	0						
	0	0	0	11	0	1-10						
1958	22	5-10-3	3-4	0	0	0						
	0	2	0	4-1	9	1-6						
1959	0	2-1-13	16-5	5-3-3-7	7	0						
	0	0	0	1-5-2	30	29						
1960	21-4	1-1	1	2-2	15-2	13						
	6-5-6	0	0	4	2-4-1	27-3						
1961	4-11	3-7-8	0	6	0	0						
	0	1-1	1	0	6	13						
1962	14-11	4-7	9-3	1-4	17	0						
	0	0	0	12-2	2-12-6	31						
1963	8	4-3	1	11	9-1-16	5-7-3						
	1	0	0	0	2-3-1	4-11						
1964	31	13	3-6-1-11	2-15-1	0	0						
	0	0	0	0	12-4	5-18						

APÊNDICE 3 (continuação)

Ano	- S E Q U Ê N C I A S -											
	Mes	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho					
		Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro					
1965		31	28	2-5	2-2-2-1	1	1-11					
		2	8	0	13-1-6	12-4	1-14-2					
1966		14-2	1	0	0	1-20-2	12					
		0	13	0	2-1	7-6-4	1-1-2-2-5					
1967		19	3-4-3-2-6	15-1	1-3	0	0					
		0	7-1	0	4	6-10-1	31					
1968		21-6	28	20-2	8-10	31	6					
		0	19	11	6-2	2-16	7-3-5					
1969		14	15	8-3-1	1	0	0					
		0	5-7	0	4-7-12	0	30					
1970		1-12	18-8	12	20	0	0					
		0	2	0	4	26	30					
1971		15	9-1-2-4-6	3	0	0	2					
		0	0	0	10	30	31					
1972		5-9	7-2-1	0	0	5-6	0					
		0	0	0	0	3-2	13					
1973		2-2-11	1	1-5-10	1-15	0	0					
		0	0	0	5-8-2	4-3-8	7-6-7-4					
1974		4-23	16	0	6-3-2	0	0					
		0	16	5-1	23	2-4-6	21					
1975		9-21	1-16	6-3-12	2-4-12	0	0					

APÊNDICE 3 (continuação)

Ano	Mês	- S E Q U Ê N C I A S -											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio		Junho		Julho		Agosto	
1976		19-7	9-7	2	7-1-6	1-5		0					
		0	0	8	18-4-3	3-1-6		4-11					
1977		2-3	9	1-18	2	2-6		6-2					
		15	0	7	3	1		2-3-6					
1978		5-9	0	0	18	7-12		7-12-4					
		17-1	0	0	9-2-4	10		13-3					
1979		23	12-4	8-1	4	0		0					
		0	2-1-2-1	4-9	0	1-3		3-7					
1980		22-3	6-3-4-5	0	10-2	1		15					
		0	0	0	0	18		14-5-1					

APÊNDICE 4 Sequências de Dias Secos Trimestrais e por Ano, sua Duração e Ordem de Ocorrência, para
50 mm de Cap. de Água Disponível Máxima do Solo - CAD

Ano	Trim.	Segundo				Terceiro		Quarto	
		Primeiro		Segundo		Terceiro		Quarto	
		Janeiro-Fevereiro-Março	Abril-Maio-Junho	Julho-Agosto-Setembro	Outubro-Novembro-Dezembro				
1955		2-7-31-1-9-1	0	0	1-5-4-1-17-2-4-7-5				
1956		9-7-2	0	1	8-55				
1957		14-9-8-10	0	0	11-1-10				
1958		22-5-10-3-3-4	0	2	4-1-9-1-6				
1959		2-1-29-5	5-3-37-7	0	1-5-32-29				
1960		21-4-1-1-1	2-17-2-13	6-5-6	4-2-4-28-3				
1961		4-11-3-7-8	6	1-1-1	6-13				
1962		14-15-16-3	1-21	0	12-2-2-12-37				
1963		8-4-3-1	20-1-21-7-3	1	2-3-1-4-11				
1964		31-13-3-6-1-11	2-15-1	0	12-4-5-18				
1965		61-5	2-2-2-1-1-1-11	2-1-12-8	13-1-18-4-1-14-2				
1966		14-2-1	1-20-14	13	2-1-7-6-4-1-1-2-2-5				
1967		22-4-3-2-6-15-1	1-3	7-1	4-6-10-32				
1968		21-6-48-2	8-47	30	6-2-2-16-7-3-5				
1969		29-8-3-1	1	5-7	4-7-12-30				
1970		1-30-20	20	2	4-56				
1971		24-1-2-4-9	2	0	71				
1972		5-9-7-2-1	5-6	0	3-2-13				
1973		2-2-11-1-1-5-10	1-15	0	5-8-2-4-3-15-6-7-4				
1974		4-39	6-3-2	16-5-1	23-2-4-6-21				
1975		9-22-22-3-12	2-4-12	0	4-2-2-1-1-14				
1976		19-16-7-2	7-1-7-5	8	18-4-6-1-6-4-11				
1977		2-3-10-18	4-6-6-2	15-7	3-1-2-3-6				
1978		5-9	18-7-19-12-4	17-1	9-2-4-1-13-3				
1979		35-4-8-1	4	2-1-2-1-4-9	1-6-7				
1980		22-9-3-4-5	10-3-15	0	32-5-1				

APÊNDICE 5 : Classes das Maiores Sequências de Dias Secos em cada Quinzena, Frequência Absoluta, em %, Frequência Acumulada Complementar em Percentagem e Probabilidade Linear (PL), nos 26 anos, para 50 mm de Capacidade de Água Disponível Máxima - CAD

Mês: Janeiro Q: 1.^a

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
3	11,54	100,00	-	zero
3	11,54	88,46	12,88	1-2
1	3,85	76,92	11,18	3-4
4	15,38	73,07	10,74	5-6
3	11,54	57,69	9,19	7-8
2	7,69	46,15	8,12	9-10
0	0,00	38,46	7,40	11-12
4	15,38	38,46	7,40	13-14
6	23,08	23,08	5,76	15-16

Mês: Janeiro Q: 2.^a

F	F%	FA _C %	PL
2	7,69	100,00	-
2	7,69	92,31	13,67
2	7,69	84,62	12,24
4	15,38	76,93	11,18
3	11,54	61,55	9,55
1	3,85	50,01	8,50
3	11,54	46,16	8,12
2	7,69	34,62	7,01
7	26,92	26,93	6,19

Mês: Fevereiro Q: 1.^a

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
5	19,23	100,00	-	zero
4	15,38	80,77	11,65	1-2
3	11,54	65,39	9,94	3-4
3	11,54	53,85	8,84	5-6
1	3,85	42,31	7,74	7-8
2	7,69	38,46	7,40	9-10
2	7,69	30,77	6,63	11-12
1	3,85	23,08	5,76	13-14
5	19,23	19,23	5,27	15-16

Mês: Fevereiro Q: 2.^a

F	F%	FA _C %	PL
4	15,38	100,00	-
6	23,08	84,62	12,24
4	15,38	61,54	9,55
4	15,38	46,16	8,12
3	11,54	30,78	6,63
1	3,85	19,24	5,27
0	0,00	15,39	4,78
4	15,38	15,39	4,78
0	0,00	-	-

Mês: Março Q: 1.^a

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
10	38,46	100,00	-	zero
2	7,69	61,54	9,55	1-2
3	11,54	53,85	8,84	3-4
4	15,38	42,31	7,74	5-6
2	7,69	26,93	6,19	7-8
1	3,85	19,24	5,27	9-10
1	3,85	15,39	4,78	11-12
1	3,85	11,54	4,10	13-14
2	7,69	7,69	3,23	15-16

Mês: Março Q: 2.^a

F	F%	FA _C %	PL
13	50,00	100,00	-
3	11,54	50,00	8,50
1	3,85	38,46	7,40
4	15,38	34,61	7,01
0	0,00	19,23	5,27
3	11,54	19,23	5,27
2	7,69	7,69	3,26
0	-	-	-
0	-	-	-

APÊNDICE 5 (continuação)

Mês: Abril Q: 1.^a

F	F%	FA _c %	PL	CLASSES
10	38,45	100,00	-	zero
5	19,23	61,54	9,55	1-2
5	19,23	42,31	7,74	3-4
2	7,69	23,08	5,76	5-6
1	3,85	15,39	4,78	7-8
2	7,69	11,54	4,10	9-10
0	0,00	3,85	1,97	11-12
1	3,85	3,85	1,97	13-14
0	0,00	-	-	15-16

Mês: Abril Q: 2.^a

F	F%	FA _c %	PL
10	38,46	100,00	-
6	23,08	61,54	9,55
3	11,54	38,46	7,40
1	3,85	26,92	6,19
2	7,69	23,07	5,76
0	0,00	15,38	4,78
3	11,54	15,38	4,78
0	0,00	3,84	1,97
1	3,85	3,84	1,97

Mês: Maio Q: 1.^a

F	F%	FA _c %	PL	CLASSES
15	57,69	100,00	-	zero
1	3,85	42,31	7,74	1-2
1	3,85	38,46	7,40	3-4
3	11,54	34,61	7,01	5-6
2	7,69	23,07	5,76	7-8
1	3,85	15,38	4,78	9-10
0	0,00	11,53	4,10	11-12
0	0,00	11,53	4,10	13-14
3	11,54	11,53	4,10	15-16

Mês: Maio Q: 2.^a

F	F%	FA _c %	PL
17	65,38	100,00	-
3	11,54	34,62	7,01
1	3,85	23,08	5,76
1	3,85	19,23	5,27
0	0,00	15,38	4,78
0	0,00	15,38	4,78
1	3,85	15,38	4,78
1	3,85	11,53	4,10
2	7,69	7,69	4,26

Mês: Junho Q: 1.^a

F	F%	FA _c %	PL	CLASSES
17	65,38	100,00	-	zero
2	7,69	34,62	7,01	1-2
1	3,85	26,93	6,19	3-4
1	3,85	23,08	5,76	5-6
3	11,54	19,23	5,27	7-8
0	0,00	7,69	3,26	9-10
2	7,69	7,69	3,26	11-12
0	7,69	-	-	13-14
0	-	-	-	15-16

Mês: Junho Q: 2.^a

F	F%	FA _c %	PL
20	76,92	100,00	-
0	0,00	23,08	5,76
3	11,54	23,08	5,76
1	3,85	11,54	4,10
0	0,00	7,69	3,26
1	3,85	3,84	3,26
1	3,85	-	1,97
0	-	-	-
0	-	-	-

APÊNDICE 5 (continuação)

Mês: Julho Q: 1.^a

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
21	80,77	100,00	-	zero
2	7,69	19,23	5,27	1-2
1	3,85	11,54	4,10	3-4
0	0,00	7,69	3,26	5-6
0	0,00	7,69	-	7-8
0	0,00	7,69	-	9-10
0	0,00	7,69	-	11-12
0	0,00	7,69	-	13-14
2	7,69	7,69	-	15-16

Mês: Julho Q: 2.^a

F	F%	FA _C %	PL
23	88,46	100,00	-
1	3,85	11,54	4,10
0	0,00	7,69	3,26
1	3,85	7,69	3,26
0	0,00	3,84	1,97
0	0,00	3,84	1,97
1	3,85	3,85	1,97
0	-	-	-
0	-	-	-

Mês: Agosto Q: 1.^a

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
17	65,38	100,00	-	zero
4	15,38	34,62	7,01	1-2
1	3,85	19,24	6,27	3-4
2	7,69	15,39	4,78	5-6
2	7,69	7,70	3,26	7-8
0	-	-	-	9-10
0	-	-	-	11-12
0	-	-	-	13-14
0	-	-	-	15-16

Mês: Agosto Q: 2.^a

F	F%	FA _C %	PL
14	53,85	100,00	-
5	19,23	46,15	8,12
3	11,54	26,92	6,19
0	0,00	15,38	4,78
2	7,69	15,38	4,78
0	0,00	7,69	3,26
0	0,00	7,69	3,26
0	0,00	7,69	3,26
2	7,69	7,69	3,26

Mês: Setembro Q: 1.^a

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
22	84,62	100,00	-	zero
2	7,69	15,38	4,78	1-2
1	3,85	7,69	3,26	3-4
0	0,00	3,84	1,97	5-6
0	0,00	3,84	-	7-8
0	0,00	3,84	-	9-10
1	3,85	3,84	-	11-12
0	0,00	-	-	13-14
0	0,00	-	-	15-16

Mês: Setembro Q: 2.^a

F	F%	FA _C %	PL
22	84,61	100,00	-
0	0,00	15,39	4,78
0	0,00	15,39	4,78
1	3,85	15,39	4,78
2	7,69	11,54	4,10
1	3,85	3,85	1,97
0	-	-	-
0	-	-	-
0	-	-	-

APÊNDICE 5 (continuação)

Mês: Outubro Q: 1.^a

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
11	42,31	100,00	-	zero
4	15,38	57,69	9,19	1-2
3	11,54	42,31	7,74	3-4
2	7,69	30,77	6,63	5-6
3	11,54	23,08	5,76	7-8
1	3,85	11,54	4,10	9-10
0	0,00	7,69	3,26	11-12
0	0,00	7,69	-	13-14
2	7,69	7,69	-	15-16

Mês: Outubro Q: 2.^a

F	F%	FA _C %	PL
10	38,46	100,00	-
1	3,85	61,54	9,55
6	23,08	57,69	9,19
4	15,38	34,61	7,01
2	7,69	19,23	5,27
1	3,85	11,54	4,10
2	7,69	7,69	3,26
0	-	-	-
0	-	-	-

Mês: Novembro Q: 1.^a

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
5	19,23	100,00	11,65	zero
4	15,38	80,77	9,94	1-2
5	19,23	65,39	8,12	3-4
2	7,69	46,16	7,40	5-6
3	11,54	38,47	6,19	7-8
2	7,69	26,93	5,27	9-10
3	11,54	19,24	3,26	11-12
0	0,00	7,70	3,26	13-14
2	7,69	7,70	-	15-16

Mês: Novembro Q: 2.^a

F	F%	FA _C %	PL
4	15,38	100,00	12,24
3	11,54	84,62	10,74
4	15,38	73,08	9,19
7	26,92	57,70	6,63
1	3,85	30,78	6,19
1	3,85	26,93	5,76
0	0,00	23,08	-
0	0,00	23,08	-
6	23,08	23,08	-

Mês: Dezembro Q: 1.^a

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
1	3,85	100,00	-	zero
4	15,38	96,15	15,02	1-2
4	15,38	80,77	11,65	3-4
4	15,38	65,39	9,94	5-6
2	7,69	50,01	8,50	7-8
1	3,85	42,32	7,74	9-10
1	3,85	38,47	7,40	11-12
3	11,54	34,62	7,01	13-14
6	23,08	23,08	5,76	15-16

Mês: Dezembro Q: 2.^a

F	F%	FA _C %	PL
0	0,00	100,00	-
0	0,00	100,00	-
1	3,85	100,00	-
6	23,08	96,15	15,02
6	23,08	73,07	10,74
1	3,85	49,99	8,50
2	7,69	46,14	8,12
1	3,85	38,45	7,40
9	34,61	34,60	7,01

APÊNDICE 6 : Classes das Maiores Sequências de Dias Secos em cada Mês, Frequência Absoluta, Percentagem, Frequência Acumulada Complementar em Percentagem e Probabilidade Linear, nos 26 anos, para 50 mm de CAD.

Mês: Janeiro					Mês: Fevereiro				
F	F%	FA _C %	PL	CLASSES	F	F%	FA _C %	PL	
1	3,85	100,00	-	zero	1	3,85	100,00	-	
1	3,85	95,15	15,15	1-3	4	15,38	96,15	15,02	
0	0,00	92,30	13,67	4-6	4	15,38	80,77	11,65	
4	15,38	92,30	13,57	7-9	6	23,08	65,39	9,94	
3	11,54	76,92	11,18	10-12	2	7,69	42,31	7,74	
6	23,08	65,38	9,94	13-15	3	11,54	34,62	7,01	
0	0,00	42,30	7,74	16-18	4	15,38	23,08	5,76	
5	19,23	42,30	7,74	19-21	0	0,00	7,7	3,26	
4	15,38	23,07	5,76	22-24	0	0,00	7,7	3,26	
0	0,00	7,69	3,26	25-27	0	0,00	7,7	3,26	
2	7,69	7,69	3,26	28-31	2	7,69	7,7	3,26	

Mês: Março					Mês: Abril				
F	F%	FA _C %	PL	CLASSES	F	F%	FA _C %	PL	
7	26,92	100,00	-	zero	7	26,92	100,00	-	
4	15,38	73,08	10,74	1-3	5	19,23	73,08	10,74	
3	11,54	57,70	9,19	4-6	4	15,38	53,85	8,84	
4	15,38	46,16	8,12	7-9	2	7,69	38,47	7,40	
4	15,38	30,78	6,63	10-12	4	15,38	30,78	6,63	
1	3,85	15,40	4,78	13-15	2	7,69	15,40	4,78	
2	7,69	11,55	4,10	16-18	1	3,85	7,71	3,26	
1	3,85	3,86	1,97	19-21	1	3,85	3,85	1,97	
0	-	-	-	22-24	0	-	-	-	
0	-	-	-	25-27	0	-	-	-	
0	-	-	-	28-31	0	-	-	-	

APÊNDICE 6 (continuação)

Mês: Maio					Mês: Junho				
F	F%	FA _C %	PL	CLASSES	F	F%	FA _C %	PL	
14	53,85	100,00	-	zero	17	65,38	100,00	-	
2	7,69	46,15	8,12	1-3	1	3,85	34,62	7,01	
3	11,54	38,46	7,40	4-6	2	7,69	30,77	6,63	
1	3,85	26,92	6,19	7-9	1	3,85	23,08	5,76	
1	3,85	23,07	5,76	10-12	3	11,54	19,23	5,27	
1	3,85	19,22	5,27	13-15	2	7,69	7,69	3,26	
2	7,69	15,37	4,78	16-18	0	0,00	-	-	
1	3,85	7,68	3,26	19-21	0	-	-	-	
0	0,00	3,83	1,97	22-24	0	-	-	-	
0	0,00	3,83	1,97	25-27	0	-	-	-	
1	3,85	3,83	1,97	28-31	0	-	-	-	

Mês: Julho					Mês: Agosto				
F	F%	FA _C %	PL	CLASSES	F	F%	FA _C %	PL	
21	80,77	100,00	-	zero	16	61,54	100,00	-	
1	3,85	19,23	5,27	1-3	4	15,38	38,46	7,40	
1	3,85	15,38	4,78	4-6	0	0,00	23,08	5,76	
0	0,00	11,53	4,10	7-9	3	11,54	23,08	5,76	
1	3,85	11,53	4,10	10-12	0	0,00	11,54	4,10	
1	3,85	7,68	3,26	13-15	1	3,85	11,54	4,10	
1	3,85	3,83	1,97	16-18	1	3,85	7,69	3,26	
0	-	-	-	19-21	1	3,85	3,84	1,97	
0	-	-	-	22-24	0	-	-	-	
0	-	-	-	25-27	0	-	-	-	
0	-	-	-	28-31	0	-	-	-	

APÊNDICE 6 (continuação)

Mês: Setembro

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
19	73,08	100,00	-	zero
2	7,69	26,92	6,19	1-3
1	3,85	19,23	5,76	4-6
3	11,54	15,38	4,78	7-9
1	3,85	3,84	1,97	10-12
0	-	-	-	13-15
0	-	-	-	16-18
0	-	-	-	19-21
0	-	-	-	22-24
0	-	-	-	25-27
0	-	-	-	28-31

Mês: Outubro

F	F%	FA _C %	PL
7	26,92	100,00	-
2	7,69	73,08	10,74
7	25,92	65,39	9,94
3	11,54	38,47	7,40
4	15,38	26,93	6,19
1	3,85	11,55	4,10
1	3,85	7,70	3,26
0	0,00	3,85	1,97
1	3,85	3,85	1,97
0	-	-	-
0	-	-	-

Mês: Novembro

F	F%	FA _C %	PL	CLASSES
2	7,69	100,00	-	zero
4	15,38	92,31	13,67	1-3
5	19,23	76,93	11,18	4-6
3	11,54	57,70	9,19	7-9
5	19,23	46,16	8,12	10-12
0	0,00	26,93	6,19	13-15
3	11,54	26,93	6,19	16-18
0	0,00	15,39	4,78	19-21
1	3,85	15,39	4,78	22-24
1	3,85	11,54	4,10	25-27
2	7,69	7,69	3,26	28-31

Mês: Dezembro

F	F%	FA _C %	PL
0	0,00	100,00	-
0	0,00	100,00	-
3	11,54	100,00	-
4	15,38	88,46	12,88
3	11,54	73,08	10,74
6	23,08	61,54	9,55
1	3,85	38,46	7,40
1	3,85	34,61	7,01
0	0,00	30,76	6,63
1	3,85	30,76	6,63
7	26,92	26,91	6,19

APÊNDICE 7 : Classes das Maiores Sequências de Dias Secos em cada Trimestre, Freqüência Absoluta, Percentagem, Freqüência Acumulada Complementar em % e Probabilidade Linear, nos 26 anos, para 50 mm de CAD.

Trimestre: 1º					Trimestre: 2º				
F	F%	FA _c %	PL	CLASSES	F	F%	FA _c %	PL	
-	0,00	100,00	-	zero	4	15,38	100,00	-	
4	15,38	100,00	-	1-10	10	38,46	84,62	12,24	
7	26,92	84,62	12,24	11-19	7	26,92	46,16	8,12	
6	23,08	57,70	9,19	20-28	4	15,38	19,24	5,27	
6	23,08	34,62	7,01	29-37	0	0,00	3,86	1,97	
1	3,85	11,54	4,10	38-46	0	0,00	3,86	1,97	
1	3,85	7,69	3,26	47-55	1	3,85	3,86	1,97	
1	3,84	3,84	1,97	56-64					
				65-73					
				74-83					
				84-92					

Trimestre: 3º					Trimestre: 4º				
F	F%	FA _c %	PL	CLASSES	F	F%	FA _c %	PL	
10	38,46	100,00	-	zero	0	0,00	100,00	-	
10	38,46	61,54	9,55	1-10	6	23,08	100,00	-	
5	19,23	23,08	5,76	11-19	11	42,31	76,92	11,18	
0	0,00	3,85	1,97	20-28	2	7,69	34,61	7,01	
1	3,85	3,85		29-37	4	15,38	26,92	6,19	
				38-46	0	0,00	11,54	4,10	
				47-55	1	3,85	11,54	4,10	
				56-64	1	3,85	7,69	3,26	
				65-73	1	3,85	3,84	1,97	
				74-83					
				84-92					