**ÉPOCAS DE SEMEADURA PARA A
CULTURA DO MILHO (Zea mays L.)
NO ESTADO DE SÃO PAULO,
BASEADAS NA PROBABILIDADE DO
ATENDIMENTO HÍDRICO EM FASES
FENOLÓGICAS CRÍTICAS**

ROGÉRIO REMO ALFONSI

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Victória Filho

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" da
Universidade de São Paulo, para obtenção
do Título de Doutor em Agronomia, Área de
Concentração: Fitotecnia

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL
Janeiro - 1996

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Alfonsi, Rogério Remo

Épocas de semeadura para a cultura do milho (*Zea mays* L.) no Estado de São Paulo, baseadas na probabilidade do atendimento hídrico em fases fenológicas críticas / Rogério Remo Alfonsi. - - Piracicaba, 1996.

141p. : il.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996.
Bibliografia.

1. Milho - Déficit hídrico - São Paulo (estado) 2. Milho - Época de semeadura
I. Título

CDD 633.15

**ÉPOCAS DE SEMEADURA PARA A
CULTURA DO MILHO (Zea mays L.)
NO ESTADO DE SÃO PAULO,
BASEADAS NA PROBABILIDADE DO
ATENDIMENTO HÍDRICO EM FASES
FENOLÓGICAS CRÍTICAS**

ROGÉRIO REMO ALFONSI

Aprovada em: 27/03/96

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Ricardo Victória Filho	ESALQ/USP
Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci	ESALQ/USP
Prof. Dr. Antônio Luiz Fancelli	ESALQ/USP
Dr. Altino Aldo Ortolani	IAC
Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo	IAC

Prof. Dr. Ricardo Victória Filho
Orientador

À minha esposa Benedita
e meus filhos Alessandra, Henrique e Eduardo
pelo amor, apoio e incentivo.

Aos meus pais Targino (in memorian) e
Tereza pelo afeto, educação e exemplo de vida.

DEDICO DE CORAÇÃO

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Victoria Filho, pela amizade e orientação deste trabalho;

Aos colegas Paulo Cesar Sentelhas e Marcelo Bento Paes de Camargo pelas sugestões apresentadas e auxílio na preparação das tabelas, figuras e summary;

Aos colegas Altino Aldo Ortolani, Orivaldo Brunini e Angelo Paes de Camargo pelos incentivos e sugestões apresentadas;

A Adriana Vieira de Camargo Moraes e José Ricardo M. Pezzopane pela execução dos balanços hídricos e revisão na configuração do texto e a Denise Regina Silva Abreu pela digitação do texto do trabalho;

A todos os demais colegas e funcionários da Seção de Climatologia Agrícola - IAC, que de uma forma ou outra contribuíram para este trabalho;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão de bolsa para realização do curso;

Ao Instituto Agronômico de Campinas e em especial à Seção de Climatologia Agrícola pelas facilidades e infra-estruturas oferecidas.

A Hoechst - Shering Agrevo do Brasil Ltda, pela colaboração na impressão dos exemplares da tese

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xx
SUMMARY.....	xxii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Considerações gerais sobre a cultura do milho...	4
2.2. Efeito do déficit hídrico na produção.....	6
2.3. Redução relativa na produção.....	10
2.4. Graus-dia (GD).....	11
2.5. Coeficiente de cultura (Kc).....	14
2.6. Estudos e análise de séries de precipitação.....	17
2.7. Produtividade x clima.....	19
2.8. Milho "safrinha".....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. Dados de precipitação e temperatura do ar.....	26
3.2. Demanda climática ideal por água.....	31
3.3. Ciclo da cultura.....	34
3.4. Balanço hídrico sequencial.....	36
3.5. Modelo de distribuição de probabilidade.....	40
3.6. Melhores épocas de semeadura.....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1. Estimativa do comprimento dos estádios fenológicos para a cultura do milho.....	44

4.2. Probabilidade de atendimento hídrico.....	48
4.3. Melhores épocas de semeadura.....	96
4.4. Relação ER/ET _o e redução no rendimento relativo.	102
4.5. Armazenamento de água no solo x ciclo da cultura.	108
5. CONCLUSÕES.....	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela	página
01 Localidades estudadas, coordenadas geográficas, período e fonte dos dados utilizados.....	27
02 Valores mensais de temperatura do ar máxima (TMAX), mínima (TMIN), média (TMED), e precipitação pluvial (PREC), para as localidades de Ribeirão Preto, Mococa e Campinas.....	28
03 Valores mensais de temperatura do ar máxima (TMAX), mínima (TMIN), média (TMED), e precipitação pluvial (PREC), para as localidades de Votuporanga, Assis e Capão Bonito.....	29
04 Valores decendiais de evapotranspiração potencial (ETo), calculados segundo THORNTHWAITE (1948) e CAMARGO (1962), para várias localidades do Estado de São Paulo.....	33
05 Valores de Kc para a cultura do milho, por estágio fenológico.....	34
06 Comprimento, em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fenológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a Região de Campinas - SP, estimado de acordo com BRUNINI et al (1995a).....	45
07 Comprimento, em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e	

	emergência/maturação fenológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a Região de Mococa - SP, estimado de acordo com BRUNINI et al (1995a).....	45
08	Comprimento, em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fenológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a Região de Ribeirão Preto - SP, estimado de acordo com BRUNINI et al (1995a).....	46
09	Comprimento, em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fenológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a Região de Votuporanga - SP, estimado de acordo com BRUNINI et al (1995a).....	46
10	Comprimento, em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fenológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a Região de Assis - SP, estimado de acordo com BRUNINI et al (1995a).....	47
11	Comprimento, em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fenológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a Região de Capão Bonito - SP, estimado de acordo com BRUNINI et al (1995a).....	47
12	Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (σ) de dados decendiais de precipitação pluvial para localidades do	

Estado de São Paulo.....	49
13 Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (σ) de dados decendiais de precipitação pluvial para localidades do Estado de São Paulo.....	50
14. Épocas de semeadura mais favoráveis para três tipos de cultivares de milho, por local estudado...	101
15 Valores médios das probabilidades (%) de ocorrências da relação ER/ET_0 , no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares superprecoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Campinas-SP.....	105
16 Valores médios das probabilidades (%) de ocorrências da relação ER/ET_0 , no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares superprecoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Mococa-SP.....	105
17 Valores médios das probabilidades (%) de ocorrências da relação ER/ET_0 , no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares superprecoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Ribeirão Preto-SP.....	106
18 Valores médios das probabilidades (%) de ocorrências da relação ER/ET_0 , no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares superprecoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de	

	Votuporanga-SP.....	106
19	Valores médios das probabilidades (%) de ocorrências da relação ER/ET_0 , no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares superprecoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Capão Bonito-SP.....	107
20	Valores médios das probabilidades (%) de ocorrências da relação ER/ET_0 , no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares superprecoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Assis-SP.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figuras	página
01 Localização geográfica das localidades do Estado de São Paulo, estudadas.....	30
02 Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.....	52
03 Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.....	53
04 Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.....	54
05 Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.....	55
06 Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.....	56
07 Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar	

	normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.....	57
08	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.....	58
09	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.....	59
10	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.....	60
11	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.....	61
12	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.....	62
13	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.....	63
14	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar	

	superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.....	64
15	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.....	65
16	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.....	66
17	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.....	67
18	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.....	68
19	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.....	69
20	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.....	70
21	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar	

	superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.....	71
22	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.....	72
23	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.....	73
24	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.....	74
25	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.....	75
26	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.....	76
27	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.....	77
28	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar	

	precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.....	78
29	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.....	79
30	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.....	80
31	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.....	81
32	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.....	82
33	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.....	83
34	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.....	84
35	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar	

	precoces, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.....	85
36	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.....	86
37	Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.....	87
38	Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoces, precoces e normais, em diferentes épocas de semeadura para a região de Campinas, SP..	90
39	Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoces, precoces e normais, em diferentes épocas de semeadura para a região de Mococa, Sp....	91
40	Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoces, precoces e normais, em diferentes épocas de semeadura para a região de Ribeirão Preto, SP.....	92
41	Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas	

	críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoce, precoce e normal, em diferentes épocas de semeadura para a região de Votuporanga, SP.....	93
42	Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoce, precoce e normal, em diferentes épocas de semeadura para a região de Capão Bonito, SP.....	94
43	Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoce, precoce e normal, em diferentes épocas de semeadura para a região de Assis, SP.....	95
44	Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivar superprecoce em diferentes épocas de semeadura para várias localidades do Estado de São Paulo.....	98
45	Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivar precoce em diferentes épocas de semeadura para várias localidades do Estado de São Paulo.....	99
46	Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivar normal em diferentes épocas de semeadura para várias localidades do Estado de São Paulo.....	100

- 47 Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (ET_0), para a localidade de Campinas-SP, e representação do comprimento do ciclo (...___) com o período crítico (_____), para os três cultivares e várias épocas de semeadura..... 109
- 48 Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (ET_0), para a localidade de Mococa- SP, e representação do comprimento do ciclo (...___) com o período crítico (_____), para os três cultivares e várias épocas de semeadura..... 110
- 49 Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (ET_0), para a localidade de Ribeirão Preto-SP, e representação do comprimento do ciclo (...___) com o período crítico (_____), para os três cultivares e várias épocas de semeadura..... 111
- 50 Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (ET_0), para a

localidade de Votuporanga- SP, e representação do comprimento do ciclo (...____) com o período crítico (_____), para os três cultivares e várias épocas de semeadura..... 112

- 51 Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (ET_0), para a localidade de Capão Bonito-SP, e representação do comprimento do ciclo (...____) com o período crítico (_____), para os três cultivares e várias épocas de semeadura..... 113

- 52 Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (ET_0), para a localidade de Assis- SP, e representação do comprimento do ciclo (...____) com o período crítico (_____), para os três cultivares e várias épocas de semeadura..... 112

**ÉPOCAS DE SEMEADURA PARA A CULTURA DO MILHO (Zea mays L.),
NO ESTADO DE SÃO PAULO, BASEADAS NA PROBABILIDADE DE
ATENDIMENTO HÍDRICO EM FASES FENOLÓGICAS CRÍTICAS**

Autor: Rogério Remo Alfonsi

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Victoria Filho

RESUMO

A cultura do milho no Estado de São Paulo tem uma importância na econômica muito grande. Cultivado praticamente em todo o Estado em épocas bem diferenciadas, tem nos pequenos produtores a maior participação na sua produção total. Com pequenas restrições em relação à ocorrência de temperaturas baixas em algumas regiões produtoras do Estado, a produtividade do milho está baseada nas condições do atendimento hídrico adequado, principalmente em suas fases fenológicas críticas.

A precipitação pluvial, elemento climático da maior importância agrícola e de alta variabilidade, é a principal fonte de suprimento de água para as plantas. No Estado de São Paulo a quantidade de precipitação é suficiente para o bom desenvolvimento da cultura do milho no período chuvoso, sendo todavia, frequente a ocorrência de períodos de escassez de chuva durante os estádios fenológicos do florescimento e enchimento de grãos, resultando em perdas significativas de produção. Conhecendo-se os ciclos correspondentes aos cultivares superprecoces, precoces e tardios, foram calculadas as probabilidades da demanda hídrica "ideal", em períodos de dez dias, nas diversas fases

fenológicas da cultura do milho, para semeaduras de setembro a março, simuladas decendialmente, a partir de 01 de setembro. Para o cálculo dessas probabilidades, foi utilizada a distribuição gama reduzida, com o parâmetro de forma $\gamma=1$ (distribuição tipo jota invertido).

Na indicação das melhores épocas de semeadura para os três tipos de cultivares de milho, foram adotados os períodos caracterizados pelas maiores probabilidades de atendimento da demanda hídrica ideal, através da precipitação, nas fases fenológicas críticas, diferenciando-se regionalmente as potencialidades de produção.

As regiões representadas pelas localidades de Campinas, Ribeirão Preto, Mococa e Votuporanga, com distribuição tropical de chuvas, concentrada nos meses de outubro a março, apresentaram maiores probabilidades de atendimento hídrico em todo o ciclo da cultura do milho, do que as regiões representadas pelas localidades de Assis e Capão Bonito, para as épocas tradicionais de semeadura, de outubro a dezembro.

Esses resultados se invertem quando da análise das épocas de semeadura simuladas para o período de janeiro a março, demonstrando maiores potencialidades de produção para o milho "safrinha", em função do atendimento hídrico, para a região do Vale do Paranapanema.

SOWING DATE FOR THE CORN CROP (Zea mays L.) AT SÃO PAULO
STATE, BRAZIL, BASED ON ATTENDING THE CROP WATER
REQUIREMENTS IN CRITICAL PHENOLOGICAL STAGES

Author: Rogério Remo Alfonsi

Adviser: Prof. Dr. Ricardo Victoria Filho

SUMMARY

Under rainfall conditions of the State of São Paulo, Brazil, the corn crop is highly dependent on the rainfall amount and distribution during the growing season, specially during some critical phenological stages. In the continental part of the State, when some factors such as solar radiation, air temperature, soil conditions and technological trend are reasonable, the corn yield is associated with different attendance probabilities of water.

It was calculated for the corn crop, related to the correspondent growing cycles of super earlier, earlier and later cultivars, the probabilities of water demand in periods of ten days, during several phenological stages, specially the flowering and grain filling, from September to March sowing, for different regions of the State of São Paulo. For the calculation of probabilities it was used the reduced gamma distribution. The best sowing dates for the three cultivars, were characterized by the greatest attendance probabilities of "ideal" water demand, by rainfall, in the critical phenological stages, giving different potential yield by region.

The regions represented by the cities of Campinas, Ribeirão Preto, Mococa and Votuporanga, where the rainfall is concentrated from October to March, presented greater water attendance probabilities, all over crop cycle, than the South and Southwest regions, represented by the cities of Capão

Bonito and Assis, for the normal sowing dates, from October to December. These results were inverse when simulated sowing analysis for the period from January to March were done, showing lighter yield potentialities for the later sowing ("safrinha") corn crop, in the South and Southwest regions of São Paulo State.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura, entre as atividades econômicas, é a que apresenta maior dependência das condições climáticas, que são consideradas como fatores responsáveis pelas oscilações nas produções anuais das culturas agrícolas. Dentre os elementos meteorológicos, a precipitação pluvial constitui-se no principal fator dessas oscilações no rendimento agrícola.

No Estado de São Paulo, durante o ciclo da cultura do milho, são comuns as ocorrências de períodos de estiagem, caracterizados como veranicos, coincidentes com estádios de desenvolvimento com alta demanda hídrica, principalmente o florescimento. Evidentemente essas ocorrências podem influenciar decisivamente na produção final.

É óbvio que a água está relacionada com o potencial de produtividade de uma cultura qualquer, pois a sua falta ou excesso afetam o rendimento econômico, o florescimento, produção de sementes e demais estádios fenológicos da planta. Embora importantes os excedentes hídricos não apresentam a mesma ordem de grandeza de problemas quando comparados com períodos de seca. A

deficiência hídrica, que se caracteriza por diferentes formas e intensidades, corresponde à causa principal de decréscimo da produtividade agrícola.

A cultura do milho no Brasil apresenta uma grande dispersão geográfica sendo produzido, praticamente, em todo o território nacional. Este fato, ao mesmo tempo em que mostra a grande importância social e econômica desse produto, fornece a evidência que existem grandes variações nas formas de produção, determinadas por condições diferentes de clima e solo, infraestrutura de produção e mercado e de fatores sociais e econômicos ligados aos produtores.

O milho é, hoje, o grão mais produzido no país, participando com 37% da área cultivada e 44% da produção brasileira total de grãos. Consumido na alimentação animal e também humana, tem na região Centro-Sul do país a maior concentração de sua produção total, sendo os estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina os maiores produtores nacionais. No contexto internacional, a produção brasileira de milho ocupa o terceiro lugar depois dos Estados Unidos e China. No âmbito do Mercosul, o Brasil produz três vezes mais que o seu maior concorrente, a Argentina.

Atualmente, nas áreas produtoras nacionais, se tem duas safras bem definidas sendo uma, que corresponde a 95% do total, no período mais chuvoso e outra, com os 5% restantes, que vem crescendo ano a ano em decorrência ao desestímulo no cultivo do trigo. Essa segunda safra,

denominada "safrinha" é semeada no Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

O Estado de São Paulo apresenta uma média de produção entre 2.500 a 3.000 kg/ha, para a safra normal, com semeaduras entre setembro e dezembro, e de 800 a 1000 kg/ha para a "safrinha", com semeaduras efetuadas a partir de janeiro.

O Estado de São Paulo apresenta, de maneira geral, uma distribuição de chuvas mais concentradas entre os meses de outubro a março, com um período mais seco de abril a setembro. Mesmo no período chuvoso a distribuição no Estado é irregular, podendo diferenciar regiões com diferentes potenciais agrícolas.

Os objetivos deste trabalho foram:

- a) caracterizar regionalmente as probabilidades de atendimento hídrico, a nível decendial, durante o ciclo da cultura do milho, para diferentes épocas de semeadura, inclusive para a denominada "safrinha"; e b) identificar para diferentes regiões do Estado de São Paulo, as melhores épocas de semeadura para a cultura, em função do atendimento hídrico nas fases fenológicas críticas para cultivares superprecoces, precoces e tardios.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações gerais sobre a cultura do milho

O milho (Zea mays L.) procede originariamente da região Andina da América Central. Cultura básica da agricultura brasileira, o milho ocupa a maior área cultivada no País e, possivelmente, emprega o maior contingente de mão-de-obra rural no seu processo produtivo (FORNASIERI FILHO, 1992).

Embora plantada de norte a sul do Brasil por mais de 60% dos produtores rurais, a cultura concentra-se basicamente nos Estados do Centro-Sul. O rendimento médio nacional é baixo e reflete os profundos contrastes existentes, pois nele convivem regiões com rendimentos em torno de 8 a 10 ton/ha e outras com rendimento médio de 600kg/ha (FORNASIERI FILHO, 1992). Provavelmente esse fato seja consequência de a produção achar-se concentrada em pequenas propriedades, onde o nível tecnológico empregado e o grau de instrução do lavrador são normalmente baixos, com pouco investimento na cultura.

No Estado de São Paulo, a cultura do milho ocupa posição de realce tanto em área cultivada como em

produção. As regiões mais produtoras são as representadas pelas divisões agrícolas de Ribeirão Preto, Sorocaba, Campinas e São José do Rio Preto.

Segundo DOORENBOS & KASSAN (1979) a cultura do milho é cultivada em condições climáticas que variam desde a zona temperada até a tropical, durante o período em que as temperaturas médias diárias são superiores a 15°C, e livre do fenômeno da geada. Quando as temperaturas médias diárias durante o período de crescimento são maiores que 20°C, os cultivares precoces de grãos levam para atingirem a maturação completa de 80 a 100 dias, enquanto os cultivares de ciclo médio de 110 a 140 dias. Em condições de temperaturas menores, o tamanho do ciclo é consideravelmente aumentado. Os mesmos autores comentam que o milho, entre os cereais, é a cultura de maior rendimento em grãos, utilizando eficientemente a água. Para se obter produção máxima, a cultura do milho necessita entre 500 a 800 mm de água durante o seu ciclo, dependendo evidentemente das condições climáticas.

Segundo HANWAY (1966), as fases fenológicas do milho são as seguintes:

FASES FENOLÓGICAS	DURAÇÃO (dias)
Estabelecimento da cultura	15-25
Período Vegetativo	25-40
Florescimento	15-20
Enchimento de grãos (formação da colheita)	35-45
Maturação	10-15

2.2. Efeito do déficit hídrico na produção

Quando o suprimento de água não atende as necessidades hídricas de uma cultura, pode-se estabelecer um estresse hídrico que afetará o seu crescimento e o seu rendimento. A maneira com que o déficit de água afeta o crescimento e o rendimento das plantas, varia de espécie para espécie e mesmo entre as suas variedades (DOORENBOS & KASSAN, 1979). O déficit hídrico afeta praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento das plantas, reduzindo a área foliar, diminuindo a fotossíntese e afetando vários outros processos, além de alterar o ambiente físico por modificar o balanço de energia radiante do sistema (BERGAMASCHI, 1992).

YAO & SHAW (1964) mostram que a cultura do milho é mais sensível ao déficit hídrico durante as fases fenológicas da emergência, florescimento e início da formação de grãos, do que durante as fases iniciais do desenvolvimento (vegetativa) e no final do crescimento (maturação). Comentam também que os cultivares de milho altamente produtivos se apresentam como os mais sensíveis em suas respostas à água, indicando os cultivares de baixo rendimento como os mais adequados, em culturas de sequeiro, em zonas propensas à seca.

BRUNINI (1984) apresenta as caracterizações dos recursos do meio físico para a produção de milho na região Centro-Sul do Brasil. Comenta que nessa região as

condições do meio físico são satisfatórias para o desenvolvimento e produção da cultura do milho. Porém, em anos específicos, a produção ou mesmo o sucesso total do empreendimento agrícola sofre sérios danos devido à baixa disponibilidade hídrica do solo, durante certas fases do desenvolvimento da cultura. Esta restrição hídrica é conhecida como veranico e o pleno sucesso do empreendimento ocorrerá com a utilização de variedades tolerantes ao déficit hídrico, ou que a semeadura seja orientada de modo que as fases críticas não coincidam com esses períodos de baixa precipitação. O trabalho compara curvas anuais de temperatura média e precipitação e utilizando-se da técnica do balanço hídrico, determina as relações entre a evapotranspiração real (ER) e a evapotranspiração potencial (ET_o). Mostra que em termos médios, durante as fases de desenvolvimento da cultura do milho, essas não são afetadas pela baixa disponibilidade hídrica dos solos.

Castro (1979) e Espinoza (1979), citados por BRUNINI (1984), apresentam dados relativos a estudos do consumo de água pela cultura do milho, onde foram determinados valores de evapotranspiração real diária, pelo método do balanço hídrico de campo, da ordem de 4,5 mm/ha.

BRUNINI et al (1983) mostram a eficiência do uso da água por cultivares de milho de ciclos precoces e tardios. Comentam que dentre os diversos mecanismos fisiológicos, a sensibilidade estomática, no seu processo de

abertura e fechamento dos estômatos, tem grande influência na perda de água pela cultura. Esse comportamento estomático, porém, sofre influência marcante das características próprias da cultura, tendo sido observado que variedades de milho que possuem o fator latente, quando em condições de baixa disponibilidade hídrica, reduzem a evapotranspiração de maneira acentuada, por apresentarem mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos bastante sensível.

Muitos trabalhos tem sido realizados com o objetivo de verificar os efeitos do déficit hídrico sobre o rendimento de grãos e, de identificar os períodos mais sensíveis ao déficit para a cultura do milho. MATZENAUER et al (1995) estabeleceram relações entre o rendimento de grãos de milho e as variáveis hídricas: precipitação pluvial (P), evapotranspiração real (ER), deficiência hídrica (D) e consumo relativo de água, expresso pela relação ER/ET_m , onde ET_m representa a evapotranspiração máxima da cultura, em diferentes períodos do ciclo da cultura. As variáveis hídricas às quais o rendimento esteve mais associado foram o consumo relativo de água e a deficiência hídrica. O período em que foram observados as mais altas associações foi o correspondente às fases fenológicas do florescimento e início do enchimento de grãos, caracterizando-se o mesmo como o de maior susceptibilidade ao déficit hídrico.

Robins & Domingo (1953), Denmed & Shaw (1960), Claassen & Shaw (1970), Matzenauer & Fontana (1987), Medeiros

et al (1991) e Aginsky (1991), citados por MATZENAUER et al (1995) também realizaram estudos de relações entre o rendimento de grãos de milho e variáveis climáticas, fundamentalmente de caráter hídrico. Todos os trabalhos mostraram que os períodos em que essas variáveis apresentaram os melhores ajustes, corresponderam aos estádios fenológicos do florescimento e enchimento de grãos.

FERRAUDO et al (1995) aplicou o modelo proposto por DOORENBOS & KASSAN (1979), na estimativa do rendimento de grãos de milho, para a região de Ribeirão Preto, no Estado de São Paulo. O autor, no referido trabalho, substituiu a variável ET_m (evapotranspiração máxima da cultura), do modelo original, pela variável ET_o (Evapotranspiração potencial ou de referência). Os resultados mostraram que o modelo proposto por DOORENBOS & KASSAN (1979), modificado, permitiu estimar satisfatoriamente o rendimento de grãos de milho para a região estudada.

Outros autores como : THOMPSON (1969), BAIER (1973), HILL et al (1979), FRERE & POPOV (1980), BERLATO (1987), MEYER et al (1993), CAMARGO et al (1994), também apresentam estudos de modelos que relacionaram rendimentos de grãos, para diversas culturas, em função de variáveis climáticas.

2.3. Redução relativa de produção

Diversos resultados experimentais indicam que o déficit hídrico em determinado estágio do desenvolvimento da cultura do milho pode ter um efeito importante sobre a produtividade, principalmente se a ocorrência se verificar na época da polinização. SWAN & HICKS (1972) e HILER et al (1974) detectaram reduções na produtividade de até 60%, quando o déficit hídrico foi simulado desde o florescimento até o enchimento de grãos, em comparação com reduções de 40 a 50%, em plantas que sofreram déficit hídrico somente nos estádios fenológicos do início do florescimento e durante o enchimento de grãos, respectivamente.

Na região dos cerrados, pesquisas preliminares de ESPINOZA et al (1980) mostraram que as reduções nas produtividades da cultura do milho, causadas por déficit hídrico induzido na época seca, no estágio reprodutivo da cultura, atingem entre 40 a 60% em relação aos tratamentos em que não houve falta de água. ESPINOZA (1982) comparando o comportamento de doze cultivares de milho em relação ao déficit hídrico, na região dos cerrados, concluiu que as reduções nas produções finais foram da ordem de 30%, quando se simulou um veranico de 31 dias.

TOMMASELLI & VILLA NOVA (1994) determinaram através do modelo proposto por DOORENBOS & KASSAN (1979), reduções na produção final de milho, na região de Londrina-

PR, da ordem de 46% relativa às semeaduras de 11 a 31 de outubro e de 76% relativa s semeaduras durante o mês de agosto.

2.4. Graus-dia (GD)

Existem vários métodos na literatura que relacionam o grau de desenvolvimento de uma cultura com a temperatura do ar, sendo o mais empregado o das unidades térmicas ou graus-dia (SENTELHAS et al, 1994).

O conceito graus-dia pressupõe a existência de uma temperatura-base abaixo da qual a planta não se desenvolve, e se o fizer, será a taxas muito reduzidas. Cada grau de temperatura acima da temperatura-base, corresponde a um grau-dia. Cada espécie vegetal ou cultivar possui uma temperatura-base, que pode variar em função da fase fenológica da planta, sendo comum no entanto a adoção de um valor médio único para todo o ciclo da cultura, por ser mais fácil a sua aplicação (CAMARGO, 1984). Essa teoria assume também que temperaturas diurnas e noturnas afetam igualmente o crescimento e desenvolvimento da planta, e que a influência de outros elementos tais como fotoperíodo e umidade do solo são desprezíveis quando comparados ao da temperatura. Mesmo considerando estas restrições, tal método permite determinar com boa precisão as durações das fases fenológicas das culturas.

ALLSOPP & BUTLER (1987), consideraram o conceito da acumulação de unidades de calor, usualmente expressa por graus-dia ou graus-hora, como de grande utilização na agricultura e indústria. Esses autores compararam técnicas de determinação dessas unidades, utilizando-se de dados de temperaturas máximas e mínimas diárias, obtidas através de: a) média diária da temperatura; b) técnica da triangulação descrita por Sevacherian et al (1977) e, c) através da obtenção de uma curva senoidal, descrita por Allen (1976). Concluíram que o melhor método foi da média diária. O conceito de graus-dia tem sido bastante utilizado para correlacionar o desenvolvimento de uma cultura com a temperatura do ar, na estimativa da duração de sub-períodos de seu ciclo. (BRUNINI et al, 1976; LUCCHESI et al, 1977; CAMARGO, 1984; CAMARGO et al, 1987; MASSIGNAN & ANGELOCCI, 1993; SENTELHAS et al, 1994; PEDRO JR. et al, 1994).

Para a cultura do milho, ALLISON (1963); CHIRKOV (1965); ASPIAZU (1971); BERLATO et al (1974); BROWN (1975); BERLATO & SUTILI (1976); BERLATO et al (1978); OLIVEIRA et al (1995) e BRUNINI et al (1995a) apresentam informações quanto à duração das fases fenológicas e temperatura-base para a cultura. Em alguns desses trabalhos, o erro de precisão da fase emergência/espigamento do milho foi de apenas dois dias, mostrando a alta correlação entre o desenvolvimento da cultura com a temperatura do ar.

BRUNINI et al (1995a) determinaram, para vários cultivares de milho no Estado de São Paulo, a temperatura-base, o acúmulo térmico e a influência da temperatura do ar sobre a razão de desenvolvimento da cultura. Descrevem também as necessidades hídricas e a sua variação ao longo do ciclo de cada cultivar. A temperatura-base que mais se adaptou às fases de germinação e início de florescimento foi a de 8°C, sendo que para as fases de formação da espiga e maturação, a temperatura-base considerada foi a de 10° . Os citados autores encontraram para os estádios fenológicos correspondentes da semeadura ao início do florescimento e, semeadura à maturação fisiológica, respectivamente os seguintes valores de GD: 793 e 1.075 para cultivares superprecoces; 830 e 1.150 para cultivares precoces e 940 e 1.409 para os cultivares tardios ou normais.

BERNARDES (1989), baseando-se na utilização de unidades de calor, determinou as datas médias do florescimento e maturação para dois cultivares de milho, de ciclos normal e precoce, para o Estado do Paraná, em 14 épocas de semeaduras. Os métodos de determinação das unidades de calor utilizados pelo autor foram os descritos por Gilmore & Rogers (1958) e por Brown (1975). Para o sub-período da emergência ao florescimento, o citado autor encontrou valores de GD semelhantes aos apresentados por BRUNINI et al (1995a), e quanto à duração desse sub-período, para os cultivares precoces, apresenta valores em torno de 60 a 70 dias, para as

semeaduras de novembro a dezembro. CARNEIRO & GOMES (1994) em ensaios nacional e estadual de milho, para cultivares superprecoces, precoces e normais, conduzidos em várias localidades do Estado do Paraná, determinaram a soma térmica acumulada em graus-dia e o tempo médio para o florescimento. Os resultados encontrados foram bem semelhantes aos apresentados por BRUNINI et al (1995a).

2.5. Coeficiente da cultura (Kc)

O coeficiente de cultura (Kc), segundo DOORENBOS & PRUITT (1975), refere-se ao quociente entre a evapotranspiração de uma cultura, sem limitações em água, em cada estágio de desenvolvimento (ETm), e a evapotranspiração potencial ou de referência, que representa o consumo de água por uma superfície inteiramente vegetada e rasteira (ETo), segundo a expressão:

$$Kc = \frac{ETm}{ETo}$$

O valor do Kc varia com a cultura, com seu estágio de desenvolvimento e, até certo ponto com a velocidade do vento e a umidade relativa do ar (DOORENBOS & KASSAN, 1979). Para a maioria das culturas, o valor Kc aumenta a partir de um pequeno valor no momento da emergência

até, um valor máximo durante o período de pleno desenvolvimento, diminuindo a seguir quando o vegetal atinge a fase de maturação final.

O valor de ET_m representa a "demanda climática ideal em água" para cada fase fenológica da cultura. Como a estimativa de ET_o é realizado por diferentes métodos conforme a disponibilidade das informações climáticas existentes, o coeficiente de cultura (K_c) deve ser referido ao método que deu origem à estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), o que nem sempre acontece. A maioria dos trabalhos que necessitam o uso do coeficiente de cultura em seus cálculos, se baseiam em valores propostos pela FAO (Food Agriculture Organization). Embora a FAO cite em sua literatura vários métodos de estimativa da evapotranspiração potencial, entre eles o de Thornthwaite, não cita qual o método utilizado na determinação dos coeficientes de cultura que ela propõe.

SOBRINHO et al (1989) encontraram para a cultura do milho, em condições climáticas da região Nordeste do país, coeficientes de cultura variando desde 0,55 a 1,1, correspondentes às fases fenológicas iniciais até a da formação das espigas. Nesse trabalho os autores mediram, através de evapotranspirômetros especialmente construídos, o consumo máximo em água pela cultura do milho (ET_m) e por uma superfície gramada com grama batatais (ET_o). Concluíram que os valores de ET_o assim obtidos, foram semelhantes aos obtidos através de medições em tanques de evaporação Classe

A. As relações entre esses valores originaram os valores dos coeficientes de cultura.

DELLA LIBERA et al (1985) também correlacionaram a evapotranspiração máxima obtida em cultura de milho, através de lisímetros de drenagem, com valores de evapotranspiração potencial estimada pelos métodos de Penman, da radiação e tanque Classe A. Determinaram que os melhores resultados das correlações foram os obtidos pelo método de Penman seguida dos do tanque Classe A sendo que os valores dos coeficientes de cultura máximo, oriundos dessas relações para o milho foram da ordem de 1,2 a 1,3 correspondentes às fases do florescimento e enchimento de grãos.

DOORENBOS & KASSAN (1979) apresentam valores de coeficientes de cultura (K_c) para várias culturas, nos seus diferentes estádios fenológicos, originários de valores de E_{To} estimados segundo o método de Penman e tanque Classe A. Para a cultura do milho esses valores variam de 0,3 a 1,2, referentes às fases iniciais de vegetação até o pleno desenvolvimento (florescimento e enchimento de grãos). COSTA et al (1992) simularam valores de K_c para a cultura do milho, a nível decendial para todo o ano, através de dados de temperatura do ar, para a região de Montes Claros, MG.

2.6. Estudos e análises de séries de precipitação

A precipitação pluvial, elemento climático de grande importância agrícola e de alta variabilidade, é a principal fonte de suprimento de água para as plantas. Nas regiões de clima úmido e semi-úmido do Brasil e em especial do Estado de São Paulo, em geral, a quantidade de precipitação é suficiente para o bom desenvolvimento das culturas no período chuvoso. Todavia, é frequente a ocorrência de períodos de escassez de chuva durante fases fenológicas críticas das culturas, resultando perdas significativas de produção.

No Brasil são bem conhecidas as investigações com dados de precipitação ou de ocorrência de seca com vistas à agricultura.

A estimativa de períodos com dias secos, durante a estação de crescimento das culturas, é de grande importância para a agricultura de uma maneira geral.

Análises de distribuição de chuvas têm sido apresentadas, em bases probabilísticas, visando identificar áreas e épocas de semeadura com maiores chances de sucesso para a agricultura de sequeiro, bem como identificar a conveniência do uso da irrigação suplementar. (ROCHEDO 1983; SANDANIELO, 1986; ALFONSI et al, 1989; MATA, 1991).

Vários são os modelos matemáticos utilizados na análise de dados pluviométricos, sendo porém o método da

distribuição gama completa o mais ajustável à esse tipo de estudo. Assim mostram trabalhos de VIVALDI (1973), FONSECA & ALBUQUERQUE (1978), FRIZZONE (1979), CASTRO NETO & SILVEIRA (1981), CAMARGO et al (1985), FRIZZONE et al (1985), TOLEDO FILHO (1988), ALFONSI et al (1989), PICCININI (1993), ASSIS (1993).

LEWIS & NDOLO (1987) estimaram para a região de Mwea, no Kenya, as probabilidades do atendimento hídrico por fase fenológica, para a cultura do arroz, utilizando-se do método proposto por DOORENBOS & PRUIT (1975), para o cálculo da demanda hídrica e da distribuição gama de probabilidade para os cálculos estatísticos. Comentam ser este tratamento o de melhor ajuste em termos de probabilidade de chuva. ARRUDA & PINTO (1980), trabalhando com totais de chuva em 5 dias (pêntadas), no período de 1890 a 1976, para a região de Campinas-SP, testaram vários modelos de distribuição de frequência, concluindo ser o da distribuição gama um dos mais ajustáveis ao caso. Os autores admitiram para o referido estudo o valor do parâmetro $\gamma = 1$, com a curva de frequência assumindo uma forma de $\rfloor$ invertido.

Vários são os trabalhos encontrados na literatura mundial, que abordam a importância da distribuição de épocas chuvosas e produção de alimentos, especialmente cereais. Assim é que LOMAS & HERRERA (1984), PLACE & BROWN (1984), NEILD (1987), PARTHASARATHY et al (1988), NIEUWOLT (1989), relatam modelos simples, ou mais complexos de

correlações entre produção e ocorrências de chuvas, ou para a estimativa da frequência desses parâmetros.

2.7. Produtividade x clima

Modelos agrometeorológicos de estimativa de produtividade, tem sido amplamente desenvolvidos ou utilizados para explicar as relações existentes entre as condições climáticas e a produção final de culturas. (JENSEN, 1968; YAO, 1974; BERLATO & GONÇALVES, 1978; DOORENBOS & KASSAN, 1979; CHEN, 1980; SEGOVIA & ANDRADE, 1982; BRUNINI et al 1982; PEDRO JR. et al, 1983; CAMARGO et al, 1986; BERLATO, 1987; CAMARGO et al, 1988; MATZENAUER, 1994). Esses modelos baseiam-se na penalização da produtividade potencial segundo as condições meteorológicas reinantes durante o ciclo da cultura. Consideram que cada elemento climático exerce um certo controle na produtividade da cultura, funcionando como um fator de eficiência, e a produção final seria função potencial da região e da sua interação com os elementos meteorológicos.

Dale & Shaw (1965), citados por CAMARGO (1984) mostraram que a perda de água por uma superfície vegetada é uma função conjunta da disponibilidade de energia da atmosfera, a qual causa a evaporação do solo e transpiração das plantas, e o suprimento de água disponível no solo. Esta relação pode ser expressa com o chamado índice "R", ou seja

a razão entre a evapotranspiração real (ER) e a evapotranspiração potencial (ET_o). A ER é relacionada com o suprimento de água e a ET_o representa a necessidade em água da planta.

Denmed & Shaw (1960) e Baier (1973), citados por YAO (1974), afirmaram que a evapotranspiração ótima para o milho, para manter a turgidez das plantas, está entre 85 a 90% do valor da evapotranspiração potencial ou de referência durante o período de maior demanda em água. Portanto, o valor da relação ER/ET_o de 0,85 a 0,90 representa o ótimo de evapotranspiração para os vegetais, pelo menos para a cultura do milho.

CAMARGO et al (1986) mostram que a relação ER/ET_o, a nível decendial, obtida através do balanço hídrico de THORNTHWAITE & MATHER (1955), apresenta resultados bastante satisfatórios na quantificação da penalização dos déficits hídricos, permitindo um bom ajuste nas estimativas de produtividade para a cultura da soja. BRUNINI et al (1982) obtiveram a relação ER/ET_o e água disponível no solo, para a penalização da produtividade em decorrência do déficit hídrico em cultura de soja, a partir do modelo apresentado por SEGOVIA & ANDRADE (1982).

PEDRO JR. et al (1983) para a cultura da soja e FERRAUDO et al (1995) para a cultura do milho, aplicaram o modelo proposto por DOORENBOS & KASSAN (1979) na estimativa das respectivas produtividades, para as condições do Estado

de São Paulo. O referido modelo baseia-se na penalização da produtividade potencial em função da relação ER/ET_o , corrigida através de coeficientes de produtividade durante as diferentes fases fenológicas da cultura.

Segundo YAO (1969) e YAO (1974), a distribuição de frequência da relação ER/ET_o segue a distribuição Beta, com bom ajuste de curvas através do método de Kolmogorov-Smirnov. No entanto, o autor nesses dois trabalhos, mostra que esse fato só acontece quando a relação ER/ET_o é menor que 0,95. No caso contrário, ou seja, quando o número de valores de ER/ET_o maior que 0,95 for muito grande, o ajuste é falho.

2.8. Milho "Safrinha"

Na região Centro-Sul do Brasil, até o início da década de 80, todo o milho era semeado nos meses de setembro a dezembro. A partir desse período iniciou-se o cultivo extemporâneo em regime de sequeiro, nos meses de janeiro a abril, que foi denominado "safrinha" devido aos menores rendimentos em relação à época normal de semeadura.

Apesar dos baixos rendimentos essa modalidade de cultivo tem-se constituído numa importante fonte de renda para o agricultor, por ser a colheita realizada em período de entressafra e pelo reduzido custo de produção (TSUNECHIRO et al 1995).

DUARTE et al (1995a), comentam que em 1990 a área cultivada de milho "safrinha" representava apenas 3% da área total cultivada com o milho, na região Centro-Sul do país, e que em 1995 essa área ocupava cerca de 13%. O rápido crescimento do milho "safrinha" nos últimos anos deu-se principalmente pela busca de alternativas agrícolas para o período outono-inverno, em regiões onde tradicionalmente as terras ficavam em pousio nesse período (Mato Grosso, Goiás e norte do Estado de São Paulo) e pela substituição parcial do trigo nos Estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo (Vale do Paranapanema) em função da redução dos ganhos econômicos com essa cultura.

A área do milho "safrinha" no Brasil está estabilizada em, aproximadamente, um milhão e trezentos mil hectares. No Estado de São Paulo são cultivados em torno de 370.000 ha, que representam 28% da área total de milho no Estado. O norte do Estado e o Vale do Paranapanema são as duas principais regiões produtoras representadas nesse trabalho pelas localidades de Ribeirão Preto e Assis, respectivamente (DUARTE et al, 1995a).

Por ser recente a expansão do milho "safrinha", tem-se empregado os mesmos cultivares semeados na safra normal, embora Freire (1985) e Gomes (1990), citados por DUARTE et al (1995a) tenham verificado a existência de variabilidade genética que pode ser explorada pelo melhoramento, visando a obtenção de cultivares adaptados às

condições ambientais do período outono-inverno. Ainda não foram obtidos cultivares específicos, para as condições dessas semeaduras extemporâneas.

DUARTE et al (1995a) testaram vários cultivares de milho, na safra normal e na "safrinha", nas regiões de Ribeirão Preto e Tarumã, próxima à localidade de Assis. As maiores produções para as duas localidades foram de aproximadamente 6.300kg/ha para a semeadura de 5/12 em Tarumã e de 7.500kg/ha para a semeadura de 14/10 em Ribeirão Preto, para as épocas normais de semeadura. As produções máximas em relação ao cultivo da "safrinha" foram de, aproximadamente 4.000 kg/ha para a semeadura de 5/03 para a região de Tarumã e, de 2.000 kg/ha para a semeadura de 29/01 para a região de Ribeirão Preto. Os autores concluíram que, embora todos os cultivares testados tenham apresentados menores produções de grãos na "safrinha", em relação à safra normal, existem diferenças entre os cultivares quanto à adaptação aos cultivos extempôrneos.

Vários trabalhos confirmam esses dados de produção, SAWAZAKI et al (1994), CORREA et al (1995), GOMES (1995), DUARTE et al (1995b), GARCIA e DENUCCI (1995), mostrando a viabilidade do cultivo do milho "safrinha", principalmente na região do Vale do Paranapanema, no Estado de São Paulo, em função de uma melhor distribuição de chuvas no período.

BRUNINI et al (1995b) comentam que os

resultados de épocas de semeadura tem demonstrado que nas regiões Norte e Noroeste do Estado de São Paulo, que apresentam um período seco mais pronunciado, são observados grandes diferenças entre os tratamentos irrigados e aqueles sob condições naturais. Os dados indicam também que para as semeaduras a partir de março há uma grande redução no rendimento. Isso é explicado pelo fato de que nessas semeaduras a duração dos sub-períodos no ciclo da cultura são sensivelmente aumentados, podendo haver coincidência dos mais sensíveis com períodos de baixas temperaturas e maior deficiência hídrica. Nas regiões Sudoeste do Estado e Vale do Paranapanema, representadas pelas localidades de Capão Bonito e Assis, respectivamente, observa-se uma diferença com relação à duração do período de semeadura e rendimento. Enquanto Assis apresenta rendimentos satisfatórios em semeaduras de 15 de março, em Capão Bonito a produção é sensivelmente diminuída nas semeaduras a partir de fevereiro. Esse fato pode ser explicado por Capão Bonito apresentar nas fases críticas da cultura, ocorrências de temperaturas mais baixas, em relação à localidade de Assis (CAMARGO et al, 1993; CAMARGO & ALFONSI, 1995).

DUARTE et al (1994) em ensaios conduzidos na região de Assis e Tarumã, no Estado de São Paulo, comentam que na safra normal (out./nov) o florescimento dos cultivares de milho (50% das plantas com pendão) ocorreram, em função dos tipos de ciclos, aproximadamente de 52 a 68 dias após a

emergência. Na "safrinha" de 1993, nos ensaios instalados em março, o florescimento ocorreu entre 60-75 dias da emergência, e em abril, após 77 a 92 dias. Resultados semelhantes são apresentados por CRUZ et al (1994), relatando valores médios de sub-períodos dos comprimentos de ciclos (emergência/florescimento), em ensaios realizados em municípios de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná, em semeaduras normalmente realizadas no mês de março.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Dados de precipitação e temperatura do ar

Foram utilizados dados diários de precipitação pluvial e temperatura do ar, de seis localidades do Estado de São Paulo, representativas de vários tipos climáticos. Esses dados foram obtidos junto aos arquivos da Seção de Climatologia Agrícola, do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Companhia Agrícola Nova América, na região de Assis. As coordenadas locais, período e fonte dos dados analisados estão resumidos na Tabela 1. A Figura 1 mostra a localização geográfica dos locais estudados.

Os dados mensais médios da temperatura máxima (TMAX), temperatura mínima (TMIN), temperatura média compensada (TMED) e precipitação pluvial (PREC), para as seis localidades estudadas, referentes ao período de 1961 a 1990, se encontram nas Tabelas 2 e 3. Segundo a classificação climática internacional de Koeppen, Votuporanga e Ribeirão Preto pertencem ao tipo climático "Aw", Campinas a uma transição "Cwa/Cfa", Mococa a uma transição "Cwa/Aw", Assis

a uma transição "Cwa/Cfa" e Capão Bonito a uma transição "Cfa/Cfb". O tipo climático "Aw" é considerado tropical, o "Cwa" tropical de altitude, quente, com inverno seco, o "Cfa" é considerado como subtropical úmido, sem estação seca e o "Cfb", temperado, sem estação seca. (SETZER, 1966).

Tabela 1. Localidades estudadas, coordenadas geográficas, período e fonte dos dados utilizados.

Local	Latitude	Longitude	Altitude	Período	Fonte
Campinas	22°54'S	47°05'W	674 m	1956-90	IAC
Rib. Preto	21°11'S	47°48'W	621 m	1956-90	IAC
Mococa	21°28'S	47°01'W	665 m	1956-90	IAC
Votuporanga	20°25'S	49°59'W	505 m	1961-90	INMET
Capão Bonito	24°02'S	48°22'W	702 m	1956-90	DAEE
Assis	22o47'S	50o26'W	560 m	1956-90	C.A.NOVA AMÉRICA

Tabela 2: Valores mensais médios de temperatura do ar máxima (TMAX); mínima (TMIN); média (TMED) e precipitação pluvial (PREC), para as localidades de Ribeirão Preto, Mococa e Campinas.

Locais Meses	RIBEIRÃO PRETO				MOCOCA				CAMPINAS			
	TMAX °C	TMIN °C	TMED °C	PREC mm	TMAX °C	TMIN °C	TMED °C	PREC mm	TMAX °C	TMIN °C	TMED °C	PREC mm
JAN	29.8	18.5	23.6	268	29.3	19.3	23.5	247	29.2	18.9	23.0	240
FEV	30.2	18.5	23.6	218	29.7	19.3	23.6	203	29.7	19.1	23.3	191
MAR	30.3	17.8	23.4	159	29.7	18.6	23.3	159	29.2	18.5	22.9	147
ABR	29.1	16.1	22.0	81	28.5	16.6	21.8	74	27.5	16.5	21.0	71
MAI	27.1	13.5	19.7	54	26.5	14.0	219.6	64	25.3	14.0	18.7	65
JUN	26.3	12.2	18.7	31	25.6	12.7	18.5	31	24.3	12.3	17.3	49
JUL	26.6	11.8	18.7	28	27.5	12.2	18.5	25	24.4	11.9	17.3	37
AGO	29.0	13.5	20.9	25	28.1	13.9	20.7	29	26.4	13.2	18.9	37
SET	30.2	15.5	22.5	57	29.1	15.9	22.2	70	27.2	14.9	20.3	66
OUT	30.3	16.9	23.3	139	29.3	17.3	22.9	131	28.0	16.3	21.3	123
NOV	30.0	17.6	23.5	174	29.3	18.2	23.2	185	28.6	17.3	22.1	138
DEZ	29.2	18.3	23.3	298	28.7	19.0	23.2	279	28.4	19.3	22.5	217
ANO	29.0	15.9	21.9	1534	28.3	16.4	21.8	1500	27.3	15.9	21.6	1381

Tabela 3: Valores mensais médios de temperatura do ar máxima (TMAX); mínima (TMIN); média (TMED) e precipitação pluvial (PREC), para as localidades de Votuporanga, Assis e Capão Bonito.

Locais Meses	VOTUPORANGA				ASSIS				CAPÃO BONITO			
	TMAX °C	TMIN °C	TMED °C	PREC mm	TMAX °C	TMIN °C	TMED °C	PREC mm	TMAX °C	TMIN °C	TMED °C	PREC mm
JAN	31.0	19.6	24.3	214	30.2	18.8	23.5	210	28.3	18.1	22.0	177
FEV	31.1	19.8	24.4	190	30.3	19.0	23.6	167	29.0	18.4	22.3	146
MAR	31.0	19.2	24.1	130	29.9	18.3	23.1	127	28.1	17.5	21.8	123
ABR	30.1	16.7	22.4	56	28.2	15.6	20.9	70	26.2	15.5	19.8	67
MAI	28.4	14.1	20.3	51	26.2	12.9	18.5	80	23.7	12.3	17.0	70
JUN	27.5	12.9	19.2	36	25.0	11.4	17.2	73	22.2	9.7	15.0	66
JUL	27.9	12.4	19.1	28	24.3	10.9	16.6	43	23.2	9.2	15.2	57
AGO	30.6	14.1	21.3	15	27.4	12.3	18.8	37	24.2	10.4	16.2	48
SET	31.8	16.2	23.0	44	28.3	14.3	20.3	80	24.3	12.1	17.2	82
OUT	31.7	17.9	23.8	123	28.9	15.9	21.0	147	26.1	14.7	19.4	116
NOV	31.4	18.4	23.9	124	29.5	16.8	22.2	131	27.4	16.2	20.8	107
DEZ	30.9	19.2	24.1	228	29.4	18.1	22.8	205	27.5	17.4	21.8	158
ANO	30.3	16.6	22.5	1233	28.2	15.3	20.8	1370	25.9	14.3	19.0	1216

Figura 1. Localização geográfica dos locais estudados.

3.2. Demanda climática ideal por água

A demanda climática ideal em água ou evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), foi calculada para períodos de dez dias (decêndios) a partir da data de semeadura simulada, segundo a expressão sugerida por DOORENBOS & KASSAN (1979) ou seja:

$$ET_m = K_c ETo \quad (1),$$

onde:

ET_m = evapotranspiração máxima da cultura ou demanda hídrica ideal

K_c = coeficiente de cultura

ETo = evapotranspiração potencial ou de referência

Os valores de ETo representam a perda de água por uma superfície totalmente coberta de vegetação rasteira e, bem suprida em água. Esse consumo de água nem sempre corresponde ao da cultura, no caso o milho, em função da área foliar e estádios fenológicos da mesma.

Os valores de ETo foram estimados segundo THORNTHWAITTE (1948) utilizando-se do índice simplificado T, proposto por CAMARGO (1962), por períodos de dez dias, para todos os locais analisados. Esses valores são apresentados na tabela 4. A escolha desse método para a estimativa dos

valores de ETo , foi em função das disponibilidades dos dados climáticos, e pela simplicidade de seu uso, necessitando apenas dos valores de temperatura do ar, com correção pelo comprimento do dia.

CAMARGO (1962) estudando a evapotranspiração potencial para o Estado de São Paulo, verificou que os resultados mensais obtidos pelo método de Thornthwaite foram muito próximos aos obtidos por medição direta em evapotranspirômetros. PEREIRA & CAMARGO (1989) apresentaram uma análise profunda sobre as restrições ao uso desse método, comentados por vários autores, concluindo por sua viabilidade na utilização em zoneamentos agrícolas e potencialidade climática regional para culturas. Recentemente CAMARGO & SENTELHAS (1995), comparando valores de evapotranspiração potencial a nível mensal, por diversos métodos, e utilizando-se de um índice de confiança "C", mostraram que para as localidades de Campinas e Ribeirão Preto, o método de Thornthwaite se ajusta muito bem, podendo estender essa conclusão para as condições do Estado de São Paulo.

Os valores de Kc utilizados nesse trabalho foram os apresentados por ALFONSI et al (1990), de acordo com a Tabela 5.

TABELA 4. Valores decendiais de evapotranspiração potencial (ET_o), calculados segundo THORNTHWAITTE (1948) e CAMARGO (1962), para várias localidades do Estado de São Paulo.

DEC	VOTU- PORANGA	ASSIS	C.BONITO	RIB. PRETO	MOCOCA	CAMPINAS
1	43	43	40	40	41	40
2	44	44	39	40	41	41
3	47	48	42	44	45	44
4	43	41	39	40	41	41
5	42	42	39	39	40	40
6	33	33	30	31	31	31
7	39	38	35	36	37	35
8	38	36	33	35	36	35
9	39	38	34	36	36	36
10	32	31	28	30	27	29
11	30	28	26	28	28	27
12	27	24	23	25	25	24
13	26	23	21	23	23	23
14	24	20	20	22	22	21
15	24	20	19	21	21	21
16	19	16	15	17	17	16
17	20	16	15	18	18	17
18	20	17	16	18	18	17
19	20	17	16	18	18	18
20	20	16	16	19	18	18
21	25	20	18	21	21	21
22	24	20	19	22	22	21
23	25	22	20	24	23	22
24	31	27	23	28	28	26
25	28	25	22	27	26	25
26	32	28	25	30	30	28
27	34	31	26	32	31	29
28	37	34	30	34	34	33
29	38	35	31	36	35	34
30	45	43	38	42	42	41
31	42	39	37	39	40	39
32	42	42	36	39	39	38
33	44	43	39	40	41	40
34	43	43	38	40	40	39
35	44	43	40	41	41	40
36	47	47	43	44	44	44

Tabela 5. Valores de Kc para a cultura do milho, por estágio fenológico.

ESTÁDIO FENOLÓGICO	Kc
Inicial	0,3 - 0,5
Vegetativo	0,7 - 0,9
Florescimento/Enchimento de grãos	1,0 - 1,2
Maturação	0,8 - 0,9
Colheita	0,5 - 0,6

Os valores de ET_m, a nível decendial, foram obtidos através da expressão (1) para todo o ciclo da cultura, em função da data de semeadura simulada, e tipos de cultivares.

=> 3.3. Ciclo da cultura

Para a cultura do milho, foram estudados os ciclos correspondentes aos cultivares considerados superprecoces, precoces e tardios ou normais. Para efeito de estudo considerou-se o comprimento do ciclo a partir da semeadura até o início da maturação fisiológica, que é detectado pelo aparecimento da camada preta na base dos grãos da ponta da espiga (FORNASIERI FILHO, 1992).

Para os três cultivares analisados simulou-se 21 épocas de semeadura, espaçadas de dez em dez dias, a partir de 01 de setembro a 21 de março, englobando, nas condições do Estado de São Paulo, o cultivo do milho denominado "safrinha".

Os comprimentos dos ciclos para cada cultivar e semeaduras simuladas, foram definidos a partir da técnica do uso de graus-dia.

No presente trabalho estabeleceu-se uma

equação de regressão entre valores de graus-dia acumulados, desde a semeadura até a maturação fisiológica do milho, e valores de ETo, acumulados decendialmente. A equação de regressão gerada foi a seguinte:

$$Y = -22,56 + 0,32 X$$

onde:

Y= `acúmulo térmico em ETo

X= acúmulo térmico em GD

Através dessa equação e dos valores de GD acumulados, da semeadura até a maturação fisiológica, referentes a cultivares superprecoces, precoces, e tardios, apresentados por BRUNINI et al (1995a), definiu-se a seguinte relação:

	GD acumulado	ETo acumulado
Cultivar superprecoce	1.075	322
Cultivar precoce	1.150	346
Cultivar normal	1.400	425

Portanto, o comprimento dos ciclos para cada cultivar, época de semeadura e locais analisados, foram determinados somando-se os valores decendiais de ETo, apresentados na tabela 4, até atingir o valor total, definido pela relação.

Essa associação é perfeitamente possível por se tratar de dois parâmetros diretamente influenciados pela condição energética do ambiente, cujos cálculos são baseados na temperatura do ar.

3.4. Balanço hídrico sequencial

Através dos dados da temperatura média do ar e precipitação pluvial a nível decendial, obtidos para todos os locais e períodos mencionados na tabela 1, executou-se os balanços hídricos decendiais de forma sequencial, segundo o método proposto por THORNTHWAITTE & MATHER (1955), elaborados através de um programa de computador desenvolvido por BARBIERI et al (1991), utilizando como valor de armazenamento máximo de água no solo o de 75 mm.

O armazenamento de água no solo é uma função da profundidade considerada. Para uma dada profundidade o armazenamento varia com o tempo devido aos processos de ganho de água através da chuva ou irrigação e aos de perda, através de evapotranspiração ou drenagem profunda. Para cada solo e profundidade, pode-se estabelecer os limites máximo e mínimo de armazenamento dentro dos quais uma dada cultura se desenvolve adequadamente. Esses limites entre os quais a água é disponível para as plantas tem sido identificados genericamente como capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

A capacidade de água disponível no solo, que representa a lâmina de água armazenada na zona radicular disponível para as plantas, pode ser determinada de acordo com o apresentado por ALFONSI et al (1990), através da seguinte expressão:

$$CAD = (CC - PMP) / .dg.h$$

onde:

- CAD = capacidade de água disponível (mm);
- CC = capacidade de campo, em porcentagem;
- PMP = ponto de murcha permanente, em porcentagem;
- dg = densidade global do solo, em grama por centímetro cúbico;
- h = profundidade de exploração de 80% das raízes, em centímetros.

Arruda et al (1987), citados por ALFONSI et al (1990) e FRERE & POPOV (1986) comentam que as raízes do milho podem chegar a uma profundidade de até 80 cm, sendo que a maior concentração de raízes se encontra nos primeiros 50 cm.

Solos argilosos retêm uma quantidade maior de água em relação aos solos arenosos, para uma mesma profundidade. Normalmente pode-se considerar para solos de textura média, uma capacidade de retenção de água da ordem de 1 mm/cm de solo (ALFONSI et al, 1990). ANGELOCCI (1995) apresenta os valores comumente adotados para a CAD, para diferentes grupos de culturas, no cálculo do balanço hídrico, colocando a cultura do milho no grupo que utiliza os valores de 75 a 100 mm. Essas considerações justificam a adoção do valor de 75 mm para a CAD, no presente estudo, valor este de acordo com a exploração no solo pelas raízes da planta de milho.

Para um bom desenvolvimento de qualquer cultura, em termos de disponibilidade de água no solo e facilidade de extração da mesma pelas plantas, adota-se, normalmente, o valor correspondente a $2/3$ do armazenamento como limite de água facilmente disponível às plantas. Através da execução dos balanços hídricos sequenciais para as localidades estudadas, foram determinados a nível decendial, as variações do armazenamento de água no solo, durante todo o período do ano. Com esses dados e através de modelo estatístico apropriado, determinaram-se também os valores

decendiais das probabilidades de ocorrências do armazenamento de água no solo ser maior ou igual a 50 mm (2/3 de 75 mm). Da mesma forma foram determinados os valores das probabilidades da ocorrência de chuva, no decêndio, ser maior ou igual à evapotranspiração potencial ou de referência (ET_o).

Além das variações do armazenamento de água no solo, a execução dos balanços hídricos sequenciais permitiram a obtenção dos valores decendiais das deficiências hídricas, excedentes dos hídricos, evapotranspiração potencial (ET_o) e evapotranspiração real (ER). Com essas informações obtiveram-se os valores das relações ER/ET_o, a nível decendial, utilizados no modelo matemático proposto por DOORENBOS & KASSAN (1979), na estimativa de perdas no rendimento relativo para a cultura do milho. No presente estudo, a relação ER/ET_o substituiu a relação ER/ET_m do modelo original, sendo ET_m a evapotranspiração máxima da cultura.

Esse procedimento foi adotado pela facilidade da obtenção dos valores de ET_o, e também porque nas fases fenológicas críticas do florescimento e enchimento de grãos, para a cultura do milho, os valores de ET_o são muito próximos aos de ET_m. PEDRO JR et al (1983) para a cultura da soja, e FERRAUDO et al (1995) para a cultura do milho, aplicaram a mesma adaptação no modelo citado, com resultados aceitáveis.

Portanto, o modelo utilizado na estimativa das perdas do rendimento relativo para a cultura do milho, foi o seguinte:

$$1 - (Y_a/Y_m) = K_y(1 - ER/ET_o)$$

onde,

1- Y_a/Y_m = déficit de produção relativa onde Y_a se refere à produção obtida e Y_m à produção esperada ou potencial

K_y = fator que quantifica a variação (perda) de produção em relação ao stress hídrico na planta, devido ao déficit de água

1- ER/ET_o = déficit hídrico relativo, onde ER se refere à evapotranspiração real e ET_o à evapotranspiração potencial ou de referência.

Os valores de K_y variam de acordo com a cultura e com o estágio fenológico da mesma.

Para a cultura do milho, DOORENBOS & KASSAN (1979) apresentam os seguintes valores de K_y :

FASES FENOLÓGICAS	VALOR DE Ky
Vegetativo	0,4
Florescimento	1,5
Enchimento de grãos	0,5
Florescimento + enchimento de grãos	2,3
Maturação	0,2

No presente estudo, como os estádios fenológicos analisados foram o florescimento e enchimento de grãos, conjuntamente, o valor de Ky usado no modelo foi o de 2,3.

3.5. Modelo de distribuição de probabilidade

Foram estimadas as probabilidades de atendimento hídrico da demanda climática ideal em água ou ET_m, baseadas nas probabilidades de ocorrências da precipitação pluvial ser maior ou igual à evapotranspiração máxima (ET_m) no período. Esses cálculos foram feitos para cada decêndio considerado no ciclo da cultura do milho, relativos aos cultivares superprecoces, precoces e tardios, para cada época de semeadura simulada e para cada local estudado.

Para os cálculos dessas estimativas foi utilizado a função de distribuição gama reduzida.

A função de densidade dessa distribuição é

expressa por:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} \cdot \exp\left(\frac{-x}{B}\right)}{B^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

onde:

γ e B são parâmetros da equação e x é a demanda hídrica em mm ($x > 0$).

No caso específico da distribuição com forma de J invertido e considerando o valor de $\gamma = 1$, o parâmetro B é dado pela média ($\bar{x}$) dos valores observados. A função de densidade fica então resumida a:

$$f(x) = \exp(-x/\bar{x}) / \bar{x} \quad (2)$$

sendo x a demanda hídrica climática ideal ou ETm, em mm, e $\bar{x}$ a média da precipitação pluvial do decêndio, em mm.

A função de distribuição das probabilidades acumuladas $F(x)$ é,

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx \quad (3)$$

ou seja

$$F(x) = 1 - \exp(-x/\bar{x}) \quad (4)$$

A probabilidade de atendimento $P(x)$ corresponde à demanda do decêndio considerado, sendo dada por:

$$P(x) = 1 - F(x) \quad (5)$$

Através das equações (4) e (5) foram calculados os valores das probabilidades de atendimento hídrico "ideal", para todos os decêndios, épocas de semeadura, locais analisados e tipos de cultivares. Para a verificação do ajuste decendial entre as frequências acumuladas observadas e as estimadas pelo modelo, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov ($\gamma = 0,05$) segundo SOKAL & ROHLF (1969).

Esse mesmo modelo matemático de distribuição de probabilidade, foi utilizado na determinação das ocorrências dos níveis de armazenamento de água no solo serem maiores ou iguais a 50 mm, considerando-se o armazenamento máximo de 75mm e no cálculo das probabilidades das ocorrência

da precipitação pluvial ser maior ou igual à evapotranspiração de referência ($P \geq ETo$), por decêndio.

3.6. Melhores épocas de semeadura

Através dos dados de acúmulo de graus-dia (GD), apresentados por BRUNINI et al (1995a), determinou-se o comprimento do período crítico, correspondente às fases fenológicas do florescimento e enchimento de grãos, para todos os tipos de cultivares de milho analisados, em todas as épocas de semeaduras simuladas e para todos os locais.

Para a definição das melhores épocas de semeadura, tornou-se a média das probabilidades do atendimento hídrico "ideal" a nível decendial, correspondente a esse período crítico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estimativa do comprimento dos estádios fenológicos para a cultura do milho

As Tabelas 6 a 11 apresentam os valores da duração dos estádios fenológicos, em dias, correspondentes aos períodos da emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fisiológica (EM), para os três tipos de cultivares de milho, épocas de semeadura e locais analisados. Os valores apresentados nessas tabelas foram estimados utilizando-se de dados de acúmulo de graus-dia (GD), de acordo com BRUNINI et al(1995a).

Comparando os dados estimados com os obtidos por CRUZ et al (1994), DUARTE et al (1994) e SAWAZAKI et al (1994), CARNEIRO & GOMES (1994) e BRUNINI et al (1995a), notou-se muita semelhança entre os mesmos com exceção dos referentes as semeaduras mais tardias, do cultivar normal. Com relação a esse cultivar em semeaduras tardias, as referências na literatura são escassas em função da provável não utilização desse material na chamada cultura do milho "safrinha".

Tabela 6. Comprimento, em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fisiológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a região de Campinas-SP, estimados de acordo com BRUNINI et al (1995a).

CULTIVAR	SUPERPRECOCE		PRECOCE		TARDIO	
SEMEADURA	EF	EM	EF	EM	EF	EM
1/09	60	90	70	100	80	120
1/10	60	90	60	100	70	110
1/11	50	80	60	90	70	100
1/12	50	80	60	90	70	110
1/01	50	90	60	100	70	120
11/02	60	100	70	120	80	140
1/03	70	120	80	130	90	160

Tabela 7. Comprimento, em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fisiológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a região de Mococa-SP, estimados de acordo com BRUNINI et al (1995a).

CULTIVAR	SUPERPRECOCE		PRECOCE		TARDIO	
SEMEADURA	EF	EM	EF	EM	EF	EM
1/09	60	90	70	100	80	120
1/10	50	80	60	90	70	110
1/11	50	80	60	90	70	100
1/12	50	80	60	90	70	100
1/01	50	80	60	100	70	120
1/02	60	100	70	110	80	140
1/03	70	120	80	140	100	160

Tabela 8. Comprimento em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fisiológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a região de Ribeirão Preto-SP, estimados de acordo com BRUNINI et al (1995a).

CULTIVAR	SUPERPRECOCE		PRECOCE		TARDIO	
SEMEADURA	EF	EM	EF	EM	EF	EM
1/09	60	90	60	100	70	120
1/10	50	80	60	90	70	110
1/11	50	80	60	90	70	110
1/12	50	80	60	90	70	110
1/01	50	90	60	100	70	120
1/02	60	100	70	120	80	140
1/03	60	120	70	130	90	160

Tabela 9. Comprimento, em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fisiológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a região de Votuporanga-SP, estimados de acordo com BRUNINI et al (1995a).

CULTIVAR	SUPERPRECOCE		PRECOCE		TARDIO	
SEMEADURA	EF	EM	EF	EM	EF	EM
1/09	60	90	60	100	70	110
1/10	50	80	60	90	60	100
1/11	50	80	50	90	60	100
1/12	50	80	50	90	60	100
1/01	50	80	50	90	60	110
1/02	50	90	60	110	70	130
1/03	60	110	80	130	80	160

Tabela 10. Comprimento em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fisiológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a região de Assis-SP, estimados de acordo com BRUNINI et al (1995a).

CULTIVAR	SUPERPRECOCE		PRECOCE		TARDIO	
SEMEADURA	EF	EM	EF	EM	EF	EM
1/09	60	90	70	100	80	110
1/10	50	80	60	90	70	100
1/11	50	80	60	90	70	100
1/12	50	80	60	90	70	100
1/01	50	80	60	90	70	110
1/02	60	100	70	120	90	130
1/03	70	130	80	150	100	160

Tabela 11. Comprimento, em dias, da duração dos estádios fenológicos, emergência/florescimento (EF) e emergência/maturação fisiológica (EM), para várias épocas de semeadura, tipos de cultivares, para a região de Capão Bonito-SP, estimados de acordo com BRUNINI et al (1995a).

CULTIVAR	SUPERPRECOCE		PRECOCE		TARDIO	
SEMEADURA	EF	EM	EF	EM	EF	EM
1/09	70	100	80	110	90	120
1/10	60	90	70	100	80	110
1/11	50	80	60	90	80	110
1/12	50	80	60	90	80	110
1/01	50	90	60	100	80	130
1/02	60	110	80	130	90	150
1/03	70	130	90	150	100	170

4.2. Probabilidade de atendimento hídrico

As Tabelas 12 e 13, apresentam os valores das médias e desvios padrões, referentes a dados decendiais de precipitação pluvial, para os locais estudados. Essas informações foram utilizadas nas determinações das probabilidades do atendimento hídrico "ideal" pelos tipos de cultivares de milho analisados, através do modelo probabilístico da distribuição gama.

As Figuras 2 a 37 mostram a distribuição espacial das probabilidades do atendimento hídrico "ideal" (demanda máxima da cultura), em porcentagem, por decêndios após a semeadura, para os vários locais estudados, épocas de semeadura e cultivares analisados. Para efeito de comparação entre os locais, épocas e cultivares, adotou-se o limite da probabilidade de 50% da ocorrência do evento, aparecendo esse valor como uma linha demarcatória nas figuras. Com esse procedimento torna-se mais fácil a visualização do número de decêndios, acima ou abaixo desse valor comparativo, durante o ciclo da cultura e principalmente nos estádios fenológicos críticos, induzindo à adoção da melhor época de semeadura. As Figuras 26 a 37 apresentam essas informações relativas às localidades de Capão Bonito e Assis. Nota-se para essas localidades e em relação às semeaduras tardias, ou seja a partir do mês de janeiro, que para todos os cultivares, as probabilidades de atendimento hídrico, por decêndio, são

Tabela 12. Média ($\bar{X}$) e desvio padrão (σ) de dados decendiais de precipitação pluvial para localidades do Estado de São Paulo.

DEC	CAMPINAS		MOCOCA		RIBEIRÃO PRETO	
	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ
1	78.8	45.0	82.9	41.0	72.0	45.0
2	85.4	58.0	86.1	52.4	93.2	66.7
3	80.8	63.9	87.6	45.7	91.3	60.0
4	70.6	51.8	70.9	59.5	75.1	66.1
5	64.4	70.7	69.7	65.9	64.8	63.1
6	55.8	51.9	56.0	42.2	65.6	51.2
7	44.8	32.9	55.0	52.7	64.3	40.5
8	41.6	45.9	45.7	41.1	49.8	60.1
9	46.7	40.1	52.7	32.7	44.8	41.2
10	32.1	29.8	28.3	32.2	35.8	32.4
11	25.3	28.1	22.1	22.9	25.8	34.3
12	16.6	23.3	21.1	21.6	22.6	26.9
13	18.9	24.5	25.9	32.1	20.1	27.8
14	15.1	19.8	14.7	20.2	10.0	13.6
15	25.1	46.4	22.8	31.2	23.8	35.6
16	19.8	32.9	11.4	17.5	13.6	19.5
17	20.1	29.8	9.6	19.5	11.8	23.6
18	12.9	22.7	11.0	20.3	8.2	17.8
19	14.5	27.4	9.3	21.4	11.5	24.8
20	10.6	19.2	7.9	21.5	11.0	21.6
21	8.8	12.0	6.1	11.3	5.8	9.4
22	11.9	19.3	7.3	12.4	9.3	18.6
23	13.1	21.9	7.4	17.5	7.2	18.6
24	15.4	27.6	12.6	25.5	8.1	12.7
25	21.9	27.1	17.8	21.4	16.0	21.6
26	18.6	28.6	22.0	39.7	20.3	32.8
27	25.9	23.5	28.1	24.5	23.7	21.3
28	34.8	32.0	38.6	38.6	40.8	31.4
29	41.4	28.6	45.4	40.6	47.9	31.5
30	58.8	39.8	43.8	32.0	61.0	47.4
31	36.5	27.5	61.0	42.6	51.8	36.2
32	50.3	35.3	73.8	42.8	53.2	48.4
33	50.6	39.8	56.6	38.6	56.4	58.8
34	76.6	40.6	89.4	57.2	86.5	56.9
35	67.4	52.7	86.4	64.1	90.4	75.5
36	78.2	48.0	106.8	58.4	98.9	53.4

Tabela 13. Média ($\bar{X}$) e desvio padrão (σ) de dados decendiais de precipitação pluvial para localidades do Estado de São Paulo.

DEC	VOTUPORANGA		CAPÃO BONITO		ASSIS	
	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ
1	77.6	44.0	51.3	35.0	68.0	48.3
2	99.6	84.3	61.9	57.9	61.0	49.1
3	90.5	64.8	61.5	48.2	63.0	58.0
4	75.3	55.2	56.0	47.3	54.0	32.2
5	54.2	42.8	74.1	77.0	56.2	58.1
6	46.3	43.8	35.6	30.2	38.1	31.2
7	66.8	55.0	39.7	34.2	52.7	48.2
8	56.1	68.2	52.4	48.0	46.5	42.3
9	42.9	45.5	36.2	28.3	29.1	28.1
10	27.8	38.9	26.5	24.8	27.0	36.2
11	26.8	26.9	19.8	20.3	28.1	35.2
12	17.7	22.6	20.2	24.2	32.0	40.3
13	18.0	26.9	19.2	28.2	30.1	37.1
14	12.9	20.5	22.6	55.8	30.3	43.1
15	30.3	45.4	30.1	41.0	29.0	42.0
16	10.9	22.5	26.7	34.7	27.2	32.1
17	7.2	17.6	21.1	25.0	33.0	38.2
18	9.5	18.6	22.9	32.3	17.1	23.3
19	7.6	15.1	19.7	24.6	17.1	23.0
20	12.0	21.9	18.3	28.4	17.5	30.2
21	7.6	12.8	12.8	15.8	13.5	28.3
22	2.8	6.0	14.1	18.0	10.0	26.3
23	7.8	20.8	15.6	24.7	14.1	27.2
24	12.1	22.8	16.1	21.4	21.0	30.1
25	16.6	40.5	30.8	31.4	19.0	27.0
26	22.0	32.9	17.2	25.3	27.2	32.1
27	25.0	23.9	36.3	34.7	26.1	26.2
28	46.0	52.6	34.9	38.4	44.2	51.2
29	49.4	49.9	37.0	28.9	44.5	29.2
30	51.1	41.5	41.5	29.2	49.7	53.2
31	52.3	44.2	33.1	34.5	47.1	34.0
32	57.9	50.7	32.0	31.8	44.1	32.0
33	58.1	45.7	34.4	30.3	45.0	39.2
34	80.1	61.3	45.3	30.3	54.1	48.3
35	74.4	50.8	58.6	49.4	68.0	52.1
36	116.9	66.2	47.9	29.5	77.0	58.2

maiores dos que as verificadas para outros locais, no mesmo período, evidenciando assim, para essas regiões, uma maior potencialidade agrícola, em função do atendimento hídrico, para o cultivo do milho "safrinha".

Para a região de Assis, ainda em relação às sementeiras tardias (safrinha), pelas Figuras 33 e 35 pode-se deduzir que o cultivar superprecoce seria o mais indicado para as sementeiras realizadas no 3º decêndio de fevereiro e o precoce para sementeiras durante o 2º decêndio de fevereiro, por apresentarem melhores condições de suprimento hídrico, durante os estádios fenológicos críticos (florescimento e enchimento de grãos), em relação às sementeiras realizadas nos meses de janeiro e março. Para as sementeiras no mês de março, essa região apresenta, para todos os cultivares, uma distribuição de chuva adequada durante a fase vegetativa da cultura, porém com deficiência hídrica mais acentuada nas fases críticas.

Nas Figuras 2 a 25, relativas às localidades de Campinas, Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga, nota-se de maneira geral para os três tipos de cultivares, que o atendimento hídrico é adequado durante todo o ciclo da cultura, para as sementeiras realizadas durante os meses de outubro e novembro, apresentando para as fases críticas, valores de probabilidades de atendimento hídrico entre 60 a 80%. Para as sementeiras de dezembro, para essas localidades, o suprimento hídrico é muito bom durante a fase vegetativa da

Figura 2. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de sementeira, referente à região de Campinas, SP.

Figura 3. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.

Figura 4. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.

Figura 5. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.

Figura 6. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.

Figura 7. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Campinas, SP.

Figura 8. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de sementeira, referente à região de Mococa, SP.

Figura 9. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.

Figura 10. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.

Figura 11. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.

Figura 12. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.

Figura 13. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Mococa, SP.

Figura 14. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.

Figura 15. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.

Figura 16. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.

Figura 17. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.

Figura 18. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.

Figura 19. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Ribeirão Preto, SP.

Figura 20. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.

Figura 21. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.

Figura 22. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.

Figura 23. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de sementeira, referente à região de Votuporanga, SP.

Figura 24. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decennial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.

Figura 25. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Votuporanga, SP.

Figura 26. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.

Figura 27. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.

Figura 28. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.

Figura 29. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de sementeira, referente à região de Capão Bonito, SP.

Figura 30. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.

Figura 31. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Capão Bonito, SP.

Figura 32. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.

Figura 33. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.

Figura 34. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.

Figura 35. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar precoce, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.

Figura 36. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.

Figura 37. Probabilidades (%) de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura do milho, cultivar normal, em várias épocas de semeadura, referente à região de Assis, SP.

cultura, porém com diminuição drástica durante as fases críticas, sendo que os cultivares superprecoces seriam os mais indicados para essas regiões, nessa data de semeadura.

As Figuras 38 a 46 apresentam os valores das probabilidades de atendimento hídrico ideal, em porcentagem, relativos às médias dos valores decendiais referentes aos estádios fenológicos críticos, considerados para cada cultivar, local e épocas de semeaduras simuladas. As figuras 38 a 43 apresentam esses valores selecionados por local, enquanto que as figuras 44 a 46 por cultivar, agregando-se os locais analisados para fins de comparação.

Observando as Figuras 38 a 43, pode-se notar algumas características comuns a todos os locais analisados. Para as épocas de semeaduras iniciais (setembro), os valores das probabilidades de atendimento hídrico são menores do que os apresentados para as semeaduras de outubro, novembro e dezembro, evidenciando que para essas épocas os estádios fenológicos crítico da cultura (florescimento e enchimento de grãos), coincidirão com períodos irregulares de distribuição de chuvas.

Outra similaridade entre os locais é que os valores das probabilidades de atendimento hídrico, para um mesmo local, mostrados pelo cultivar superprecoces, são inicialmente menores que os apresentados pelos precoce e tardio (normal). A explicação desse fato é em função do menor comprimento do ciclo apresentado pelos cultivares

superprecoces, com maior coincidência dos estádios fenológicos críticos, com os períodos irregulares de distribuição de chuvas, em relação aos cultivares precoces e tardios. Nota-se também, como similaridade entre os locais, que os valores das probabilidades de atendimento hídrico referentes aos cultivares superprecoces, se tornam maiores que os apresentadas pelos outros cultivares, a partir das sementeiras de outubro, podendo esse fato evidenciar uma maior potencialidade de produção desse cultivar.

Para as localidades de Campinas, Ribeirão Preto, Mococa e Votuporanga (Figuras 38 a 41) nota-se que os valores relativos às porcentagens das probabilidades de atendimento hídrico, nas fases fenológicas críticas para os três cultivares estudados, apresentam um acréscimo a partir das sementeiras de setembro, atingindo valores máximos para as sementeiras de outubro a novembro, com um decréscimo acentuado das mesmas de dezembro a março.

Este fato não é facilmente observado para as localidades de Assis e Capão Bonito (Figuras 42 e 43), onde a distribuição dos valores das probabilidades de atendimento hídrico nas fases críticas da cultura, estão em torno dos 30 a 50%, para todas as épocas de sementeiras simuladas. Apresentam de maneira comum, os maiores valores para as sementeiras de outubro a novembro para Assis, dezembro para Capão Bonito, a partir das quais nota-se um pequeno decréscimo até as sementeiras de dezembro e início de janeiro,

Figura 38. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decennial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoce, precoce e normal, em diferentes épocas de semeadura para a região de Campinas, SP.

Figura 39. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoce, precoce e normal, em diferentes épocas de semeadura para a região de Mococa, SP.

Figura 40. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoce, precoce e normal, em diferentes épocas de semeadura para a região de Ribeirão Preto, SP.

Figura 41. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoce, precoce e normal, em diferentes épocas de semeadura para a região de Votuporanga, SP.

Figura 42. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoce, precoce e normal, em diferentes épocas de semeadura para a região de Capão Bonito, SP.

Figura 43. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivares superprecoce, precoce e normal, em diferentes épocas de semeadura para a região de Assis, SP.

voltando a haver um acréscimo nos valores da curva de distribuição.

Isso evidencia, provavelmente, um potencial maior para essas regiões da exploração da cultura do milho denominado "safrinha", com semeaduras a partir de janeiro.

4.3. Melhores épocas de semeadura

As Figuras 44 a 46 apresentam os mesmos valores discutidos no item anterior, porém distribuídos por cultivares e locais estudados. Por essas figuras, pode-se verificar as diferenças, em alguns casos bastante pronunciadas, entre os valores das probabilidades do atendimento hídrico ideal, em relação aos locais estudados.

Para o cultivar superprecoce (Figura 44), os maiores valores dessas probabilidades são atribuídos à localidade de Mococa, para semeaduras realizadas no primeiro decêndio de novembro (1/11), com mais de 80% de probabilidade, enquanto que para a mesma época de semeadura, a localidade de Capão Bonito apresenta um valor de cerca de 45%. Essa diferença de 35% no atendimento natural da demanda hídrica, caracteriza bem as diferenças nas potencialidades regionais de produção. A localidade de Mococa apresenta, para todos os cultivares, valores dessas probabilidades, maiores que as verificadas para os outros locais analisados, em relação à semeaduras realizadas desde o primeiro decêndio de

setembro (1/09) até o segundo decêndio de novembro (11/11). Em relação ao cultivar superprecoce, nas sementeiras do primeiro decêndio de setembro (1/09), os valores das probabilidades do atendimento hídrico para a localidade de Mococa, são da ordem de mais de 22% superiores às apresentadas pelos outros locais.

Essas análises e considerações podem serem feitas em relação a todos os locais, cultivares e épocas de sementeiras analisadas, comparando as diferenças entre as probabilidades de atendimento hídrico, deduzindo as potencialidades regionais de produção.

Pelas Figuras 44 a 46, fica bem evidenciado as melhores épocas de sementeira, por cultivar e local, podendo associar-se à cada sementeira os riscos prováveis em função de um atendimento hídrico inadequado nas fases críticas da cultura.

As melhores épocas de sementeira para o cultivar superprecoce, de maneira geral para todas as localidades, levando em consideração o atendimento hídrico nas fases críticas do milho, são as realizadas a partir do segundo decêndio de outubro (11/10) até o segundo decêndio de novembro (11/11), com exceção da localidade de Capão Bonito, que apresenta as épocas de sementeira mais favoráveis entre o segundo decêndio de novembro e o primeiro decêndio de dezembro.

Para o cultivar precoce, as melhores épocas de

Figura 44. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decenal, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivar superprecoce, em diferentes épocas de semeadura para várias localidades do Estado de São Paulo.

Figura 45. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decenal, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivar precoce, em diferentes épocas de semeadura para várias localidades do Estado de São Paulo.

Figura 46. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico decendial, correspondente às fases fenológicas críticas para a cultura do milho, cultivar normal, em diferentes épocas de semeadura para várias localidades do Estado de São Paulo.

semeadura para todas as regiões estudadas, são as realizadas durante o mês de outubro, com exceção de Capão Bonito onde esse período é retardado para o mês de novembro. Para o cultivar tardio ou normal, as melhores épocas de semeadura são as realizadas no último decêndio de setembro (21/11) até o último decêndio de outubro (21/10) com exceções para as localidades de Ribeirão Preto e Assis, que vão até o segundo decêndio de outubro (11/10), e para Capão Bonito cujo período mais adequado seria a partir do último decêndio de outubro (21/10) até o segundo decêndio de novembro (11/11).

A Tabela 14 mostra, de maneira mais específica, baseada nas datas de semeaduras que apresentam as maiores probabilidades de atendimento hídrico, os períodos, por decêndios (dec), mais favoráveis às semeaduras, por local, e cultivar considerado nesse trabalho.

Tabela 14. Épocas de semeadura mais favoráveis para três tipos de cultivares de milho, por local estudado.

<u>CULTIVAR</u> LOCAL	SUPERPRECOCE	PRECOCE	TARDIO
Campinas	2° dec out a 2° dec nov	1° dec out a 1° dec nov	3° dec set a 3° dec out
Mococa	2° dec out a 2° dec nov	1° dec out a 1° dec nov	3° dec set a 3° dec out
Ribeirão Preto	2° dec out a 3° dec nov	1° dec out a 1° dec nov	3° dec set a 2° dec out
Votuporanga	2° dec out a 2° dec nov	1° dec out a 1° dec out	3° dec set a 3° dec out
Assis	2° dec out a 2° dec nov	1° dec out a 3° dec out	3° dec set a 2° dec out
Capão Bonito	2° dec nov a 1° dec dez	1° dec nov a 3° dec nov	3° dec out a 2° dec nov

Para as localidades de Assis e Capão Bonito, onde as condições de atendimento hídrico para a cultura do milho em épocas extemporâneas ou denominado milho "safrinha" são aceitáveis, as melhores épocas de semeadura seriam: Para o cultivar superprecoce, a partir do segundo decêndio de fevereiro até o primeiro decêndio de março; para o cultivar precoce, durante o mês de fevereiro e para o tardio, a partir do último decêndio de janeiro até o segundo decêndio de fevereiro. Para a localidade de Capão Bonito, não são recomendáveis semeaduras a partir de meados do mês de fevereiro, em razão da maior probabilidade de ocorrências de temperaturas baixas, durante as fases críticas da cultura.

4.4. Relação ER/ET_o e Redução no rendimento relativo

As Tabelas 15 a 20 apresentam as probabilidades médias de ocorrência da relação ER/ET_o , referentes aos períodos (decêndios) críticos (florescimento e enchimento de grãos) para a cultura do milho. Essas tabelas mostram, para as localidades estudadas, os valores das probabilidades relativas às ocorrências das relações ER/ET_o , maiores ou iguais a 0,9, 0,8 e 0,7, para os cultivares superprecoces, precoces e tardios, em sete épocas de semeaduras simuladas. Esses dados foram obtidos a partir dos dados dos balanços hídricos sequenciais, utilizando-se a função β como modelo matemático de distribuição de probabilidades.

A relação ER/ET_o é utilizada em modelo matemático, proposto por DOORENBOS & KASSAN (1979), na estimativa de redução de rendimento em culturas. Vários trabalhos comprovaram, para a cultura do milho, a eficiência do uso do citado modelo na estimativa de perdas de produção. (TOMMAZELLI & VILLA NOVA, 1994; MATZENAUER et al, 1995 e FERRAUDO et al, 1995),

Adotando-se, na utilização do modelo proposto, um valor de $K_y = 2,3$, em razão das fases fenológicas analisadas no presente trabalho serem, o florescimento e o enchimento de grãos conjuntamente, para um valor da relação ER/ET_o = 0,9, a perda relativa de rendimento seria de 23%; para a relação ER/ET_o = 0,8, de 46% e para ER/ET_o = 0,7, de 69%.

Portanto, através dos dados apresentados nas Tabelas 15 a 20, pode-se perfeitamente inferir as probabilidades das reduções no rendimento relativo da cultura do milho, por cultivar, época de semeadura e local analisado. Assim é que, tomando-se como exemplo a probabilidade de ocorrência da relação ER/ET_o $\geq 0,9$ igual a 80%, significa que para essa região, cultivar e época de semeadura, a probabilidade na redução do rendimento ser maior que 23% é de 20%.

Um outro exemplo, segundo a mesma linha de raciocínio, refere-se a localidade de Votuporanga que apresenta para o cultivar tardio, probabilidade nula da ocorrência da relação ER/ET_o $\geq 0,9$, para as semeaduras de

março, e é de somente 4% a probabilidade de ocorrência dessa relação ser maior ou igual a 0,8, significando portanto que, para essa data de semeadura a probabilidade de redução na produção relativa ser maior que 46% é de 96%.

Portanto, analisando as tabelas 15 a 20, nota-se de maneira geral, que para as regiões representadas pelas localidades de Mococa, Campinas, Ribeirão Preto e Votuporanga, para as épocas de semeadura de outubro (com exceção para Votuporanga), novembro e dezembro, as probabilidades de redução de rendimento relativo são pequenas, enquanto que para as regiões representadas por Capão Bonito e Assis, essas probabilidades de perda de produção são maiores.

Para as semeaduras a partir de janeiro, há uma drástica redução nos valores da relação ER/ET_o , com níveis de probabilidades médias da ocorrência da relação $ER/EP \geq 0,9$, chegando a valores abaixo de 30% ou mesmo nulos, para as localidades de Mococa, Votuporanga, Campinas e Ribeirão Preto, significando a ocorrência de déficit de água com reduções de produção bastante drásticas. Isso no entanto não se verifica para Capão Bonito e Assis, que apresenta, para as semeaduras a partir de janeiro valores da probabilidade da ocorrência da relação $ER/EP \geq 0,9$, em torno de 30 a 60%, significando menores probabilidades de perdas de produção relativa, em comparação com os outros locais, para esses plantios, reforçando, mais uma vez, a possibilidade nessas regiões do cultivo do milho "safrinha".

Tabela 15. Valores médios das probabilidades (%) de ocorrências da relação ER/ETo, no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares super-precoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Campinas-SP.

SEMEADURA	ER/ETo $\geq 0,9$			ER/ETo $\geq 0,8$			ER/ETo $\geq 0,7$		
	SP	P	N	SP	P	N	SP	P	N
1/09	80	83	80	83	90	90	90	97	100
1/10	84	83	87	100	100	97	100	100	100
1/11	84	87	90	97	97	97	97	100	97
1/12	87	87	74	93	97	90	97	97	100
1/01	70	70	53	93	90	83	100	100	93
1/02	47	33	23	67	60	40	87	80	76
1/03	23	20	10	53	40	20	77	66	33

Tabela 16. Valores médios das probabilidades (%) de ocorrências da relação ER/ETo, no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares super-precoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Mococa-SP.

SEMEADURA	ER/ETo $\geq 0,9$			ER/ETo $\geq 0,8$			ER/ETo $\geq 0,7$		
	SP	P	N	SP	P	N	SP	P	N
1/09	73	70	87	90	97	90	100	100	97
1/10	90	93	80	97	93	93	100	100	97
1/11	87	83	80	93	97	93	97	100	100
1/12	87	83	80	93	100	93	100	100	100
1/01	76	73	50	93	90	83	100	100	97
1/02	43	30	16	70	73	50	87	80	60
1/03	30	13	3	50	43	13	73	63	20

Tabela 17. Valores médios das probabilidades (%) de ocorrência da relação ER/ETo, no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares super-precoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Ribeirão Preto-SP.

SEMEADURA	ER/ETo $\geq$ 0,9			ER/ETo $\geq$ 0,8			ER/ETo $\geq$ 0,7		
	SP	P	N	SP	P	N	SP	P	N
1/09	72	79	86	89	100	96	100	100	100
1/10	90	96	93	100	96	96	100	100	100
1/11	90	90	86	93	96	100	100	100	100
1/12	86	84	80	90	96	100	100	100	100
1/01	86	75	76	93	93	86	96	93	93
1/02	41	24	17	75	65	45	86	79	65
1/03	14	4	0	34	31	20	62	52	24

Tabela 18. Valores médios das probabilidades (%) de ocorrência da relação ER/ETo, no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares super-precoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Votuporanga-SP.

SEMEADURA	ER/ETo $\geq$ 0,9			ER/ETo $\geq$ 0,8			ER/ETo $\geq$ 0,7		
	SP	P	N	SP	P	N	SP	P	N
1/09	30	43	56	69	69	78	82	82	82
1/10	56	74	78	82	82	87	82	91	100
1/11	86	91	91	91	100	100	100	100	100
1/12	80	82	82	100	95	91	100	100	100
1/01	70	52	52	95	87	69	95	91	91
1/02	26	26	34	60	56	52	78	78	78
1/03	21	8	0	48	35	4	56	60	39

Tabela 19. Valores médios das probabilidades (%) de ocorrências da relação ER/ETo, no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares super-precoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Capão Bonito-SP.

SEMEADURA	ER/ETo $\geq$ 0,9			ER/ETo $\geq$ 0,8			ER/ETo $\geq$ 0,7		
	SP	P	N	SP	P	N	SP	P	N
1/09	69	69	75	94	94	94	94	94	94
1/10	75	75	81	94	94	94	94	94	94
1/11	75	56	56	87	87	87	87	87	94
1/12	56	56	56	81	81	81	94	87	87
1/01	56	56	44	75	68	87	81	81	87
1/02	56	44	44	87	81	62	94	94	94
1/03	44	31	31	68	68	62	87	75	81

Tabela 20. Valores médios das probabilidades (%) de ocorrências da relação ER/ETo, no período crítico da cultura do milho, para várias épocas de semeadura e cultivares super-precoces (SP), precoces (P) e normais (N) para a região de Assis-SP.

SEMEADURA	ER/ETo $\geq$ 0,9			ER/ETo $\geq$ 0,8			ER/ETo $\geq$ 0,7		
	SP	P	N	SP	P	N	SP	P	N
1/09	62	57	67	76	81	81	86	86	95
1/10	67	71	76	81	81	81	90	95	90
1/11	76	76	57	90	90	81	95	95	95
1/12	57	62	57	86	86	95	95	90	95
1/01	66	42	47	85	81	66	95	95	86
1/02	38	47	52	66	76	76	81	90	95
1/03	47	62	28	71	81	43	90	95	76

4.5. Armazenamento de água no solo X ciclo da cultura

Os valores das probabilidades do armazenamento de água no solo (ARM), maiores ou iguais a 50 mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75 mm, e da chuva (P) ser maior ou igual à evapotranspiração de referência (ET_o), estão representados graficamente por decêndios e localidades estudadas, nas figuras 47 a 52. Nas mesmas figuras estão representados, através de uma linha horizontal, o comprimento do ciclo de cada cultivar de milho analisado, em relação à época de semeadura, aparecendo o período crítico, demarcado.

Assim é que para as localidades de Campinas, Mococa e Ribeirão Preto (Figuras 47 a 49), nota-se que os valores mais elevados das probabilidades do armazenamento de água no solo (ARM) maiores que 50 mm, se concentram no período entre os meses de dezembro a fevereiro, enquanto que os valores referentes às probabilidades de que a chuva (P) a nível decendial, seja maior ou igual à evapotranspiração potencial ou de referência (ET_o), são mais elevados no período entre os meses de novembro a janeiro, com pequeno decréscimo nos meses de fevereiro a março. Esse fato, para essas regiões demonstra as melhores condições de umidade do solo e fornecimento de água às plantas nesse período. Se associarmos nas figuras apresentadas, a linha representativa do comprimento do ciclo dos vários cultivares de milho, por localidade, nota-se que a coincidência do período crítico

Figura 47. Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (Eto), para a localidade de Campinas, SP, e representação do comprimento do ciclo (---) com o período crítico (—), para os três cultivares e várias épocas de semeadura.

Figura 48. Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (Eto), para a localidade de Mococa, SP, e representação do comprimento do ciclo (--- —) com o período crítico (—), para os três cultivares e várias épocas de semeadura.

Figura 49. Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (E_{To}), para a localidade de Ribeirão Preto, SP, e representação do comprimento do ciclo (--- —) com o período crítico (— —), para os três cultivares e várias épocas de semeadura.

Figura 50. Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (Eto), para a localidade de Votuporanga, SP, e representação do comprimento do ciclo (--- —) com o período crítico (—), para os três cultivares e várias épocas de semeadura.

Figura 51. Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (E_{To}), para a localidade de Capão Bonito, SP, e representação do comprimento do ciclo (---) com o período crítico (—), para os três cultivares e várias épocas de semeadura.

Figura 52. Probabilidades (%) decendiais das ocorrências do armazenamento de água no solo (ARM) maior ou igual a 50mm, para uma retenção máxima de água no solo de 75mm, e da precipitação pluvial (P) maior ou igual à evapotranspiração de referência (Eto), para a localidade de Assis, SP, e representação do comprimento do ciclo (----) com o período crítico (—), para os três cultivares e várias épocas de semeadura.

para cultura, com as melhores condições de umidade no solo são referentes às sementeiras de outubro, novembro e dezembro para as localidades de Ribeirão Preto e Mococa, sendo que a sementeira de janeiro, para os cultivares superprecoces e precoces, apresentam ainda boas condições de umidade para a localidade de Campinas. Ainda para essas localidades, nota-se também que a partir das sementeiras de janeiro, as condições de armazenamento de água no solo e probabilidades de $P \geq ETo$, são bastante reduzidas, chegando a níveis quase nulos durante o período de inverno, condições estas que limitam os plantios mais tardios nessas regiões.

A localidade de Votuporanga (Figura 50), a noroeste do Estado de São Paulo, apresenta os valores máximos das probabilidades de $ARM \geq 50 \text{ mm}$ e $P \geq ETo$, em período bem mais curto que as outras localidades ou seja correspondente ao final do mês de dezembro e janeiro. Por esse fato, e associando o comprimento do ciclo dos vários cultivares de milho, apresentado na Figura 50, as melhores épocas de sementeira, para os três tipos de cultivares, são as executadas durante os meses de outubro e novembro. Para as sementeiras mais tardias, essa região apresenta sérias restrições hídricas, chegando os valores das probabilidades de $ARM \geq 50 \text{ mm}$ a se tornarem quase nulos a partir do mês de junho até setembro.

Para as localidades de Capão Bonito e Assis, representativas do Sudoeste do Estado e do Vale do

Paranapanema respectivamente, a distribuição de chuvas no curso do ano é mais homogênea, como mostra a representação gráfica, apresentada nas figuras 51 e 52, dos valores das probabilidades de ocorrência de $ARM \geq 50 \text{ mm}$ o $P \geq ETo$. Nota-se no curso do ano, para essas localidades, períodos de baixas probabilidades de ocorrência dos parâmetros acima citados, intercalados com períodos de valores mais altos.

Os períodos relativos aos de baixas probabilidades são os correspondentes aos meses de abril e maio, para a localidade de Capão Bonito, abril para a localidade de Assis, e julho, agosto e novembro para ambas.

Os períodos, de dezembro a março e maio a julho, para ambas as localidades, apresentam os maiores valores de probabilidades de ocorrência de decêndios chuvosos, refletindo na maior probabilidade de se manter o armazenamento de água no solo acima dos 50 mm, o que significa, nesses períodos, uma maior disponibilidade hídrica para as plantas. Portanto, associando-se esses dados com as linhas do comprimento do ciclo para os tipos de cultivares de milho analisados, apresentados nas figuras 51 e 52, pode se sugerir que as melhores épocas de semeadura para os cultivares superprecoces e precoces, são as realizadas nos meses de outubro e novembro, e para o cultivar tardio, setembro e outubro, correspondentes aos cultivos em épocas normais. Pelas mesmas figuras, nota-se a possibilidade de semeaduras tardias para essas localidades, baseados no

atendimento hídrico nas fases fenológicas críticas, cultivos estes denominadas de "safrinha". Para a localidade de Capão Bonito, que apresenta em função de sua localização geográfica, temperaturas baixas no período de inverno, (Tabela 3) a semeadura do milho "safrinha" é limitada, não devendo se estender aos meses de fevereiro e março, em função das maiores probabilidades de ocorrência de temperaturas baixas nos períodos de florescimento e enchimento de grãos, de acordo com CAMARGO & ALFONSI (1995).

Para a localidade de Assis com temperaturas mais elevadas em relação a Capão Bonito (Tabela 3) no período de inverno, a prática do cultivo do milho "safrinha" é maior, podendo se estender as semeaduras até março.

5. CONCLUSÕES

Mantidas as condições do presente estudo, os resultados obtidos permitem concluir:

a) O estudo apresentado mostrou-se viável na caracterização do potencial climático, quanto à disponibilidade de água para a cultura do milho, para diversas regiões do Estado de São Paulo, possibilitando a determinação das melhores épocas de semeadura para cultivares superprecoces, precoces e tardios, e em consequência da época de semeadura, a melhor escolha do tipo de cultivar e o provável risco quanto à ocorrência de períodos secos.

b) Para as localidades de Campinas, Mococa, Ribeirão Preto, Votuporanga e Assis, quanto ao atendimento das necessidades hídricas, as épocas de semeadura mais favoráveis, para os cultivares de milho superprecoces, estão entre o segundo decêndio de outubro e o segundo decêndio de novembro; para os precoces entre o primeiro decêndio de outubro ao primeiro decêndio de novembro e para os tardios, entre o terceiro decêndio de setembro e o terceiro decêndio de outubro.

c) Para a localidade de Capão Bonito, as épocas de semeadura mais favoráveis são: para os cultivares superprecoces entre o segundo decêndio de novembro ao primeiro decêndio de dezembro; para os precoces durante o mês de novembro e para os tardios, entre o terceiro decêndio de outubro e o segundo decêndio de novembro.

d) As regiões representadas pelas localidades de Campinas, Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga, apresentaram probabilidades de atendimento hídrico, nos estádios fenológicos críticos da cultura, superiores às das regiões representadas pelas localidades de Assis e Capão Bonito, para as épocas normais de semeadura do milho, ou seja de outubro a dezembro.

e) As semeaduras tardias, relativas ao cultivo do milho denominado "safrinha", encontram condições de atendimento hídrico superiores nas regiões de Assis e Capão Bonito, em relação às demais, sendo que para Capão Bonito, em consequência da maior ocorrência de temperaturas baixas no inverno, não é recomendável semeaduras de milho a partir do mês de fevereiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P. de; CHIAVEGATTO, O.M.D.P.; PEDRO JR., M.J.; ORTOLANI, A.A.; BRUNINI, O. Simulação de épocas de plantio baseadas no atendimento da demanda hídrica para a cultura de soja, milho e arroz de sequeiro no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6. Maceió, 1989. **Anais.** Maceió INPE/SBA/UFAL, 1989. p.34-8.

ALFONSI, R.R.; PEDRO JR., M.J.; ARRUDA, F.B.; ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O. **Métodos agrometeorológicos para controle da irrigação.** Campinas. Instituto Agrônômico, 1990. 62p. (Boletim Técnico nº 133).

ALLISON, J.C.S. Use of the day-degree sumation technique for specifying flowering time of maize varieties at different localities in Southern Africa. **Rhodesia Journal Agricultural Research**, V.1; p.22-78, 1963.

ALLSOPP, P.G.; BUTLER, D.G. Estimating Day-degrees from daily maximum-minimum temperatures: A comparison of techniques for a soil-develling insect. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, V.41; p.165-72, out. 1987.

ANGELOCCI, L.R. **Balanço hídrico**. Dep. de Física e Meteorologia. ESALQ-USP. Piracicaba. 1995. 25p. (apontamentos de aula)

ARRUDA, H.V.; PINTO, H.S. A simplified gamma probability model for analysis of the frequency distribution rainfall in the region of Campinas-SP. Brazil. **Agricultural Meteorology**. Amsterdam, V.22, p.101-08, jun. 1980.

ASPIAZU, C. Prognóstico de fases en cultivos de maiz dentado mediante suma de temperatura. **Rev. Fac. Agron. Vet. de Buenos Aires**, Buenos Aires. V.19(1-2); p.61-69, 1971.

ASSIS, F.N. Ajuste da função gama aos totais semanais de chuva de Pelotas-RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, V. 1 p.131-36. 1993.

BAIER, W. Crop weather analysis model: review and model development. **Journal of applied meteorology**. Boston. V.12. p. 937-47, 1973.

BARBIERI, V.; TUON, R.C.; ANGELOCCI, L.R. Programa para microcomputador do balanço hídrico (THORNTHWAITE e MATHER-1955) para dados mensais e decendiais, normais e sequenciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7, Viçosa, 1991. **Resumos**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1991. p. 297-299.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de deficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. Porto Alegre. Ed. da Universidade/UFRGS. 1992. p.25-32.

BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R.; CASTRO, A.O. Comparação de métodos de cálculo das exigências térmicas para espigamento de milho (Zea mays L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre. V.10(1),p.87-94, 1974.

BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R. Ecologia do milho. II - Determinação das temperaturas dos superíodos emergência - pendoamento e emergência - espigamento de três cultivares de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11, ANAIS. Piracicaba:ESALQ. 1976. p. 523-27.

BERLATO, M.A.; GONÇALVES, H.M. Relação entre o índice hídrico para ETP e o rendimento da soja (glycine max L. Merril). *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.14(2), p.227-33, 1978.

BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R. Relação entre temperatura e desenvolvimento do milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 12, Goiânia, 1978. **Resumos**. Goiânia:SBMS, 1978. p.66.

BERLATO, M.A. Modelo de relação entre o rendimento de grãos de soja e o defice hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul. São José dos Campos, 1987. 93p. Tese (Doutorado)-INPE.

BERNARDES, L.R.M. Datas de florescimento e maturação de 2 cultivares de milho (Zea mays L.) no Estado do Paraná em função da emergência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, Maceió, 1989. ANAIS... Maceió, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.106-11.

BROWN, D.M. Heat units for corn in Southern Ontario. Ontario:Ministry of Agriculture and Food, 1975. 4p.

BRUNINI, O.; LISBÃO, R.S.; BERNARDI, J.B. Temperatura-base para alface cultivar "White Boston" em um sistema de unidades térmicas. *Bragantia*, Campinas, V. 35. nº 19. p.213-19, 1976.

BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SCHMIDT, N.C. Teste de um modelo agroclimático que relacione o regime pluviométrico com as variações da produtividade agrícola. In: Determinação ao efeito da precipitação pluviométrica na produção agrícola. Brasília, CFP, 1982. p.21-46 (Coleção Análise e Pesquisa, 24).

BRUNINI, O.; ALFONSI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. Efeito dos elementos climáticos no desenvolvimento da cultura do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUTIVIDADE DO MILHO, 1, Londrina, 1983. ANAIS... Londrina, IAPAR, 1983. p.21-39.

BRUNINI, O. Ecologia do milho e da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA. REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL, Campinas, 1984. **Trabalhos Apresentados**. Campinas:Fundação Cargill. 1984. p.25-72.

BRUNINI, O.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; LANDELL, M.G.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SORDI, G. de; GALLO, P.B.; VILLELA, O.V.; CASTRO, J.L.; DUARTE, A.P.; KANTACK, R.A.D.; PAULO, E.M.; SAWAZAKI, E.; MEREGE, W.H.; MIRANDA, L.E.C.; MIRANDA, L.T.; ARRUDA, F.B.; FUJIWARA, M. Determinação das exigências térmicas e hídricas de cultivares de milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA", 3, Assis - SP, 1995a. Resumos. Campinas: Instituto Agrônômico, 1995. p.141-45.

BRUNINI, O . BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M. LANDELL, M.G.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SORDI, G. de; GALLO, P.B.; VILLELA, O.V.; CASTRO, J.L.; DUARTE, A.P.; KANTACK, R.A.D.; PAULO, E.M.; SAWAZAKI, E.; MEREGE, W.H.; MIRANDA, L.E.C.; MIRANDA, L.T.; ARRUDA, F.B.; FUJIWARA, M. Épocas de plantio para o cultivo do milho "safrinha" no Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA" 3. Assis, SP, 1995b. Resumos. Campinas. Instituto Agrônômico. 1995. p.125-29.

CAMARGO, A.P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 21, p.163-203, 1962.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação de modelos para a estimativa de evapotranspiração potencial mensal em base diária, para Campinas e Ribeirão Preto (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9, Campina Grande - PB. 1995. ANAIS...Campina Grande, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p.415-17.

CAMARGO, M.B.P. de. Exigências bioclimáticas e estimativa da produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1984. 96p. (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

CAMARGO, M.B.P.; ARRUDA, H.V.; PEDRO JR., M.J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R. Melhores épocas de plantio do trigo no Estado de São Paulo baseadas na probabilidade de atendimento hídrico. *Bragantia*, Campinas, v. 44(1), p.255-61, 1985.

CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.45(2), p.279-92, 1986.

- CAMARGO, M.B.P. de; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. Temperatura-base para cálculo dos graus-dia para cultivares de soja em São Paulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 22, Nº 2, p.115-121, 1987.
- CAMARGO, M.B.P.; MIRANDA, M.A.C.; PEDRO JR., M.J.; PEREIRA, J.C.V.; MASCARENHAS, H.A.A. Estimativa da produtividade potencial de cultivares de soja nas condições climáticas de Ribeirão Preto-SP. *Bragantia*, Campinas, v. 47(2), p.277-88, 1988.
- CAMARGO, M.B.P.; PEDRO JR., M.J.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A.; BRUNINI, O. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anual no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.52(2), p.161-68. 1993.
- CAMARGO, M.B.P.; HUBBARD, K.G.; FLORES-MENDOZA, F. Test of a soil water assessment model for a sorghum crop under different irrigation treatments. *Bragantia*, Campinas. v.53(1), p.95-105. 1994.
- CAMARGO, M.B.P.; ALFONSI, R.R. Frequência de geadas no Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 3, Assis-SP. 1995. *Resumos*. Campinas. Instituto Agrônômico, 1995. p.39-43.

CARNEIRO, G.E.S.; GOMES, J. Avaliação Estadual de Cultivares de Milho. Safra 1993/94. Informe da Pesquisa. IAPAR, Londrina, nº 112, 1994. 85p.

CASTRO NETO, P.; SILVEIRA, J.V. Precipitação provável para Lavras, Região Sul de Minas Gerais, baseada na função de distribuição de probabilidade gama; I períodos mensais. Ciência e Prática, Lavras, V. 5(2), p.144-51, 1981.

CHEN, S.C.; FONSECA, L.B. Corn yield model for Ribeirão Preto, São Paulo State. Brazil: Agricultural Meteorology, Amsterdam, V.22, p.341-49, Jun. 1980.

CHIRKOV, I.Y. Agrometeorological indices in the development and formation of maize crops. Agricultural Meteorology, Amsterdam, V.2, p.121-26, Fev. 1965.

CORREA, L.A.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; SANS, L.M.A. Avaliação de cultivares de milho para a "safrinha" na região centro-sul. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 3, Assis, 1995. Resumos. Campinas: Instituto Agrônomo,, 1995. p.77-81.

COSTA, M.H.; SEDIYAMA, G.C.; COELHO, D.T. Coeficiente de cultura para o milho (*Zea mays* L.) em 36 épocas de plantios. ENGENHARIA NA AGRICULTURA, série Irrigação e Drenagem; Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. Viçosa. Vol. 1, nº 1, 1992. 9p.

CRUZ, J.C.; CORREA, L.A.; SANS, L.M.A.; PEREIRA FILHO, I.A.; GUISCEN, J.M. Avaliação de cultivares de milho "safrinha" na região centro-sul. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 2, Assis, 1994. Resumos, Assis, 1994. Campinas, p.35-40.

DELLA LIBERA, C.L.F.; VOLPE, C.A.; ANDRE, R.G.B.; NISHIMURA, T.; MALHEIROS, E.B.; ALMEIDA, A. Relação entre a evapotranspiração máxima (ET_m) da cultura de milho e a evapotranspiração potencial (ETP) estimada por diferentes métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4, Londrina. 1985. ANAIS...Londrina. Sociedade Bras. de Agrometeorologia, 1985. p.103-12.

DOORENBOS, J. and PRUITT, W. Crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage (Paper 24). Roma. FAO, 1975. 62p.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage (paper nº 33). Roma:FAO, 1979. 193p.

DUARTE, A.P.; ALLIPRANDINI, L.F.; SAWAZAKI, E.; KANTHACK, R.A.D.; YUKI, V.A.; FANTINI, G.M.; DUDIENAS, C.; ITO, M.F. Avaliação de cultivares e densidade populacional em milho "safrinha" no Vale do Paranapanema. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 2, Assis, 1994. Resumos, Campinas, p.49-58.

DUARTE, A.P.; SAWAZAKI, E.; BRUNINI, O.; KANTACK, R.A.D.; SORDI, G. de. Adaptação de cultivares de milho às sementeiras extemporâneas no Estado de São Paulo, Brasil. In: PROCEEDINGS OF 3° LATIN-AMERICAN AND 16° ANDEAN ZONE OF MAIZE RESEARCH MEETING. Cochabamba - Santa Cruz. Bolivia, 1995a. **Memória**, Cochabamba. 1995, p.267-81.

DUARTE, A.P.; ALLIPRANDINI, C.F.; SAWAZAKI, E.; KANTHACK, R.A.D.; DUDIENAS, C.; NALOTO, A.; INTERLICHE, P.H. Avaliação de cultivares de milho "safrinha" na região paulista do Vale do Paranapanema. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 3, Assis, 1995b. Resumos. Assis, 1995. Campinas, p.147-152.

EASTERLING, W.; ISARD, S.A.; WARREN, P.; GUINAN, P.; SHAFER, M. Improving the detection of agricultural drought: a case study of Illinois corn production. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, V.43, p.37-47, jun. 1988.

ESPINOZA, W. Resposta de doze cultivares de milho ao defice hídrico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, V.17(6), p.905-15. 1982.

ESPINOZA.W.; AZEVEDO, J.; ROCHA, L.A. Densidade de plantio e irrigação suplementar na resposta de três variedades de milho ao defice hídrico, na região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.15(1) p.85-95, 1980.

FERRAUDO, S.A.; ANDRE, R.G.B.; PINHO, S.Z. Modelo agrometeorológico para estimar rendimento de grãos de milho. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria. V. 3, p.93-96, 1995.

FONSECA, V.O. da.; ALBUQUERQUE, J.A.S. Estimativa dos parâmetros da distribuição gama de probabilidades para totais de precipitação em uma região de Pelotas. R.S. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, V.13(3), p.47-58. 1978.

FORNASIERI FILHO, D. *A cultura do milho*. Jaboticabal. FUNEP, 1992. 273p.

FRERE, M.; POPOV, G.F. Prónostico água meteorológico del rendimento de los cultivos. Roma, FAO, 1986. 56p (Produccion y Proteccion Vegetal 73).

FRERE, M.; POPOV, G.F. Pronostico de cosechas basado em datos agrometeorologicos. Roma, FAO. 66p. (Produccion y Proteccion Vegetal, 7). 1980.

FRIZZONE, J.A. Análise de cinco modelos para cálculo da distribuição e frequência de precipitações na região de Viçosa. MG. Viçosa. 1979. 100p. Dissertação (M.S.) - Universidade Federal de Viçosa.

FRIZZONE, J.A.; RETTORE, P.R.; PEREIRA, G.T. Análise da distribuição das precipitações em períodos de 5 a 10 dias na região de Pereira Barreto (SP) utilizando a distribuição gama incompleta. *Irrigação e tecnologia moderna*. Brasília, v.22, p.2-4, 1985.

GARCIA, L.L.C.; DENUCCI, S. Avaliação de cultivares de milho "safrinha" na região de Manduri (SP). In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA" , 3, Assis, 1995. *Resumos...* Campinas, 1995. p. 67-9.

- GOMES, J. Estudos de risco para o milho na "safrinha".
In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 3.
Assis, 1995. Resumos...Campinas. 1995. Campinas, p.111-13.
- HANWAY, J.J. How a corn plant develops. Ames-Iowa, Iowa
State University, 1966, 60p. (Special Report, 48).
- HILER, E.A.; HOWEL, T.A.; LEWIS, R.B.; BOOS, R.P. Irrigation
timing by the stress day index method. Transactions of
the ASAE, St.Joseph, v.17(3), p.393-8, 1974.
- HILL, R.W.; JOHNSON, D.R.; RYAN, K.H. A model for predicting
soybean yields rom climatic data. Agronomy Journal,
Madison. V. 71. p.251-56, 1979.
- JENSEN, M.E. Water consupcion by agricultural plants. In:
KOZLOWSKI, T.T. Ed. Water deficits and plant growth. New
York, Academic Press, V.2. p.1-22, 1968.
- LEWIS, J.E. and NDOLO, I.J. Estimating moisture availability
for rice cultivation in Mwea, Kenya. Agricultural and
Forest Meteorology, Amsterdan, V.41, p.87-95, out. 1987.

LOMAS, J.; HERRERA, H. Weather and maize yield relationships in the tropical regions of Guanacaste, Costa Rica. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, V.31, p.33-45, fev. 1984.

LUCCHESI, A.A.; MONTENEGRO, H.W.S.; VILLA NOVA, N.A. Estimativa de graus-dia acumulados no ciclo de frutificação de cultivares de abacateiros (Persea americana MILLER). Anais. Piracicaba, ESALQ, V. 34. p.317-325, 1977.

MASSIGNAM, A.M.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia na estimativa da duração dos sub-períodos de desenvolvimento de três cultivares de girassol. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, V. 1, p.71-79, 1993.

MATA, G.J. da. Análise das disponibilidades hídricas das localidades de Barra de São Francisco, Boa Esperança e São Mateus, Região Norte do Estado do Espírito Santo. Piracicaba, 1991. 113p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MATZENAUER, P. Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994. 172p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; RIBOLDI, J. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria. V. 3, p.85-92, 1995.

MEYER, S.J.; HUBBARD, K.G.; WILHITE, D.A. A crop specific drought index for corn. I. Model development and validation. Agronomy Journal, Madison, V. 85, p.388-95, mar. 1993.

NEILD, R.E.; WILHITE, D.A.; HUBBARD, K.G. Preseason precipitation probabilities as an aid to corn planting decisions. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v.4, p.259-66. 1987.

NIEUWOLT, S. Estimating the agricultural risks of tropical rainfall. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, V.45, p.251-263. mar. 1989.

OLIVEIRA, O.J.; SILVA, A.M.; CASTRO NETO, P.
Evapotranspiração máxima do milho pipoca com as fases de desenvolvimento caracterizadas pelo acúmulo de graus-dia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9, Campina Grande, 1995. ANAIS. Belém, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p.93-5.

PARTHASARATHY, B.; MUNOT, A.A.; KOTHAWALE, D.R. Regression model for estimating of Indian foodgrain production from summer monsoon rainfall. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, V.42, p.167-82, mar. 1988.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A.; MIRANDA, M.A.C. Teste de um modelo para estimativa de produtividade da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 3, Campinas, 1983. *Resumos*. Campinas. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 1984. p.138-39.

PEDRO JR., M.J.; SENTELHAS, P.C.; POMMER, C.V.; MARTINS, F.P. Determinação de temperatura-base, graus-dia e índice biometeorológico para a videira "Niagara Rosada". *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, V. 2. p.51-6, 1994.

PEREIRA, A.R. & CAMARGO, A.P. An analysis of the criticism of THORNTHWAITE'S equation for estimating potential evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, V.46, p.149-57. Abr. 1989.

PICCININI, M.R.D. Distribuição de probabilidade de precipitação de intensidade máxima para Piracicaba-SP. Piracicaba, 1993. 82p. (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (USP), Universidade de São Paulo.

PLACE, R.E.; BROWN, D.M. Modelling corn yields from soil moisture estimates: description, sensitivity analysis and validation. *Agricultural and Forest Meteorology*. Amsterdam, v.41, p.31-56, Out. 1987.

ROCHEDO, P.R.C. Aplicação de dados de chuva efetiva na lavoura de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. II, Brasília, 1981. *Anais*, Brasília, Editerra. 1983. p.929-38.

SANDANIELO, A. Probabilidade de chuvas em Cáceres, MT. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso. EMPA, MT. 1986. 18p. (EMPA, MT. Documentos, 3).

SAWAZAKI, E.; DUARTE, A.P.; MARUNO, J.; BORTOLETTO, N.; GALLO, P.B.; GARCIA, L.L.C.; VONTINHO, R.G.; SILVA, J.G.M.; BIANCHIBI, M.T.; SALZEDAS, M.C.V.M.; DONA, J. Avaliação de cultivares de milho "safrinha" no Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 2, Assis, 1994. Resumos. Campinas. 1994. p.41-8.

SEGOVIA, R.M.; ANDRADE, E.G. Um modelo de determinação do efeito da precipitação pluviométrica na produtividade agrícola. In: Determinação do efeito da precipitação pluviométrica na produção agrícola. Brasília, CFP. 1982. p.11-8. (Coleção Análise e Pesquisa, 24).

SENTELHAS, P.C.; NOGUEIRA, S.S.; PEDRO JR. M.J.; SANTOS, R.R. Temperatura base e graus-dia para cultivares de girassol. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, V. 2. p.43-49. 1994.

SETZER, J. Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo. Ed. Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Uruguai. São Paulo. 1966. 61p.

SOBRINHO, J.E.; MEDINA, B.F.; NETO, J.M.M. Determinações de campo da evapotranspiração e dos coeficientes de cultivo para caupi e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, Maceio, 1989. ANAIS. Maceió, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.292-305.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry: The principles and practice of statistics in biological research.** San Francisco, W.F. Freeman, 1969. 776p.

SWAN, J.B.; HICKS, D.R. Irrigated corn production. Minnesota: University of Minnesota. 1972. 60p. (Extension Folder 263).

THOMPSON, L.M. Weather and technology in the production of corn in the U.S. corn Belt. **Agronomy Journal**, Madison, V. 61, p.453-56, 1969.

THORNTON, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geografic. Review**, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTON, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton, New Jersey: Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publication in Climatology V. 10. n° 3).

TOLEDO FILHO, M.R. Probabilidade de suprimento da demanda hídrica ideal da cultura de cana-de-açúcar (Saccharum spp) através da precipitação pluvial da zona canavieira do Estado de Alagoas. Piracicaba, 1988. 72p. (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

TOMMASELLI, J.T.G.; VILLA NOVA, N.A. Deficiências hídricas no solo e épocas de semeadura de milho (Zea mays L.) e seus efeitos sobre a produção em Londrina - PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, V. 2. p. 69-75, 1994.

TSUNECHIRO, A.; DUARTE, A.P.; OKAWA, H. Custo operacional da cultura de milho, por região e época, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, SP, V.25(2), p.53-60, fev. 1995.

VIVALDI, L.J. Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos. Piracicaba, 1973. 77p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.

YAO, A.Y.M.; SHAW, R.H. Effect of plant population and planting pattern of corn on water use and yield. **Agronomy Journal**, Madison, V. 56, p. 147-52. jan. 1964.

YAO, A.Y.M. The R index for plant water requirement.
Agricultural Meteorology, Amsterdam, v.6, p.259-73, Jan.
1969.

YAO, A.Y.M. Agricultural potential estimated from the
ratio of actual to potential evapotranspiration.
Agricultural Meteorology, Amsterdam, v.13 (3), p.405-17,
Set. 1974.