



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

“Probabilidade de Atendimento da Demanda Hídrica
das Culturas do Arroz de Terras Altas, Milho e Soja,
como Subsídio para a Definição de Épocas de
semeadura na Região de Ilha Solteira - SP”

FERNANDO MIQUELETTI

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira,
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP
março/2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

M669p	Miqueletti, Fernando Probabilidade de atendimento da demanda hídrica das culturas do arroz de terras altas, milho e soja, como subsídio para a definição de épocas de semeadura na Região de Ilha Solteira - SP / Fernando Miqueletti. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2007 69 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2007 Orientador: Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues Bibliografia: p. 61-69 1. Arroz - Semeadura. 2. Milho - Semeadura. 3. Soja - Semeadura. 4. Precipitação (Meteorologia).
-------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Probabilidade de Atendimento da Demanda Hídrica das Culturas de Arroz de Terras Altas, Milho e Soja, como Subsídio para Definição de Épocas de Semeadura na Região de Ilha Solteira-SP.

AUTOR: FERNANDO MIQUELETTI

ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Aprovada com parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ROGÉRIO PERES SORATTO

Departamento de Produção Vegetal/Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Data da realização: 16 de março de 2007


Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues

DEDICO

*Primeiramente a **DEUS** por me conceder a vida e a benção de conviver com pessoas tão especiais como minha família e meus amigos; pela paz, amor e oportunidades que a cada momento o senhor me proporciona,*

OFEREÇO

*Aos meus pais, **José e Nancy**, pelo amor e dedicação em todos os momentos, por lições de vida tão importantes que sempre ficarão marcadas e serão utilizadas a cada dia da minha vida. A minha irmã, **Patricia**, pelo amor, compreensão e amizade,*

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, pelo acolhimento e pelas condições de aprendizado oferecido ao longo do curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo suporte financeiro;

À Ilha Solteira, pelos momentos inesquecíveis, acolhimento e fraternidade;

Ao Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues, pela orientação, ensinamentos, estímulo, companheirismo e amizade, deixo meus sinceros agradecimentos e admiração;

Aos Doutores Rogério Peres Soratto e Orivaldo Arf pela participação da avaliação deste trabalho;

Aos amigos de Mestrado e Doutorado Engenheiros Agrônomos Gilberto Rosa Filho, Flávio Ferreira da Silva Binotti, Samuel Ferrari, Washington Massao Oi, Rildo Santana do Nascimento, Matheus Gustavo da Silva, Marcelo Rondon Bezerra, Juliano Fabrício, Vagner Nascimento, Graciela Bassan Rodrigues pelo companheirismo e ensinamentos;

Aos meus tios Eumides, Eulides e Luis, às minhas tias Elídia e Iraci, às minhas avós Helena e Zenaide, aos meus avós Ângelo e Antonio, à minha madrastra Maria, ao meu primo Paulo e minhas primas Luciana, Daniela, Helena, Edna e Tânia pela presença, companheirismo, ensinamentos, amor, compreensão e apoio em todos os momentos da minha vida;

Enfim, a todos que participaram desta etapa da minha vida, meus sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

Índice de Tabelas	2
1. Introdução	5
2. Revisão de Literatura	8
2.1. Arroz	8
2.2. Milho	14
2.3. Soja	20
2.4. Equações de densidade de probabilidade	28
3. Material e Métodos	30
3.1. Estimativa da probabilidade de distribuição de precipitação	30
3.2. Estimativa da evapotranspiração da cultura	32
4. Resultados e Discussão	38
4.1. Precipitações prováveis com probabilidade de 75% de ocorrência agrupadas em qüinqüídios	38
4.2. Média da evaporação do tanque classe “A”, em qüinqüídios, no período de 1978 a 2005	39
4.3. Demanda hídrica da cultura do arroz de terras altas	40
4.4. Probabilidade de atendimento hídrico da cultura de arroz de terras altas (%), com semeadura em qüinqüídios, para precipitações com probabilidades de ocorrência de 75%	43
4.5. Demanda hídrica da cultura do milho	46
4.6. Probabilidade de atendimento hídrico da cultura do milho (%), com semeadura em qüinqüídios, para precipitações com probabilidades de ocorrência de 75%.	49
4.7. Demanda hídrica da cultura da soja	53
4.8. Probabilidade de atendimento hídrico da cultura da soja (%), com semeadura em qüinqüídios, para precipitações com probabilidades de ocorrência de 75%	56
5. Conclusões	59
6. Referências	61

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Fases fenológicas, valores do coeficiente de cultura (Kc) e equações de regressão para o arroz de terras altas, para períodos quinqüidiais.	34
Tabela 2. Estádios fenológicos, valores do coeficiente de cultura (Kc) e equações de regressão para o milho, para períodos quinqüidiais.	35
Tabela 3. Estádios fenológicos, valores do coeficiente de cultura (Kc) e equações de regressão para a soja, para períodos quinqüidiais.	36
Tabela 4. Precipitação provável, com 75% de probabilidade de ocorrência, agrupadas em quinqüídios.	39
Tabela 5. Média da Evaporação do Tanque Classe “A”, em quinqüídios.	40
Tabela 6. Valores da Evapotranspiração da Cultura do Arroz de Terras Altas (mm) para 15 semeaduras, em quinqüídios, com médias para cada data de semeadura, fase reprodutiva (FR) e ciclo total.	42
Tabela 7. Probabilidade de Atendimento Hídrico (%), para semeadura do arroz de terras altas em quinqüídios, para precipitação provável de 75%, com médias para cada data de semeadura, fase reprodutiva (FR) e ciclo total.	45
Tabela 8. Valores da Evapotranspiração da Cultura do Milho (mm) para 15 semeaduras, em quinqüídios, com médias para cada data de semeadura, dos estádios 4 a 6 (E.4-6) e do ciclo total.	48
Tabela 9. Probabilidade de Atendimento Hídrico (%), para semeadura do milho em quinqüídios, para precipitação provável de 75%, com médias para cada data de semeadura, dos estádios 4 a 6 (E.4-6) e do ciclo total.	52
Tabela 10. Valores da Evapotranspiração da Cultura da Soja (mm) para 15 semeaduras, em quinqüídios, com médias para cada data de semeadura, dos estádios R1 a R6 (R1-R6) e do ciclo total.	55
Tabela 11. Probabilidade de Atendimento Hídrico (%), para semeadura da soja em quinqüídios, para precipitação provável de 75%, com médias para cada data de semeadura, dos estádios R1 a R6 (R1-R6) e do ciclo total.	58

MIQUELETTI, F. **Probabilidade de atendimento da demanda hídrica das culturas do arroz de terras altas, milho e soja, como subsídio para a definição de épocas de semeadura na região de Ilha Solteira – SP.** 2007. 69f. Dissertação (Mestrado) – da Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2007.

Autor: Eng. Agr. Fernando Miqueletti

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues

Resumo

A água é um dos fatores mais importantes que afeta o rendimento das culturas nas regiões produtoras, e seu manejo é de grande importância, pois permitirá ajustamentos de épocas de semeadura determinando maior eficiência no aproveitamento das precipitações. O objetivo desta pesquisa foi estimar a probabilidade da precipitação atender a necessidade de água das culturas do arroz, do milho e da soja durante a época convencional de semeadura na região de Ilha Solteira-SP. Foram utilizados os valores diários de precipitação e evaporação da estação meteorológica pertencente à Companhia Energética do Estado de São Paulo-CESP/Unesp, localizada no município de Ilha Solteira-SP (20° 21' S, 51° 22' W e altitude 326 m), no período de 1978 a 2005, para os meses de outubro, novembro e primeira quinzena de dezembro, sendo os valores agrupados em quinquídios. A probabilidade de atendimento hídrico foi determinada usando-se função com distribuição gama reduzida, utilizando estimativas prévias da probabilidade de distribuição da precipitação e da evapotranspiração das culturas. Os valores de precipitação utilizados foram os correspondentes a probabilidade de ocorrência de 75% e a evapotranspiração da cultura foi estimada pelo método do Tanque Classe A. As melhores épocas de semeadura para a cultura do arroz de terras altas na região de Ilha Solteira-SP ocorrem no primeiro e segundo quinquídio de dezembro, por propiciar os maiores valores de atendimento na fase reprodutiva 11,23 e 11,94%, e durante o ciclo total da cultura. Para o milho, ocorre entre o segundo e terceiro quinquídio de dezembro, com atendimento em torno de 11% no estágio 4-6, no entanto, semeaduras entre o terceiro e o quinto quinquídios de novembro também apresentam atendimentos próximos aos que ocorrem nesse período, sendo possível semear nessas épocas. No caso da soja, as melhores épocas de semeadura ocorrem no mês de novembro com valores de atendimento no estágio R1-R6 em torno de 10,5%, com exceção do quarto e quinto quinquídios desse mês onde o atendimento é menor. No primeiro e terceiro quinquídio de dezembro também existem boas condições, no entanto, para semeaduras nesse período deve-se conhecer o cultivar a ser implantado, para que tenha período juvenil longo e não sofra com a influência do fotoperíodo. Com esses resultados pode-se concluir que as simulações apresentaram baixas probabilidades de atendimento hídrico, com necessidade do uso de irrigação.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, *Zea mays*, *Glycine max*, precipitação, distribuição gama.

MIQUELETTI, F. **Probability hydric supply of upland rice, corn and soybean crop at distinct sowing seasons in the region of Ilha Solteira – SP.** 2007. 69f. Dissertation (Master's degree) – da Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2007.

Author: Eng. Agr. Fernando Miqueletti

Adviser: Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues

Summary

The water is one of the most important factors that affects yield crop in the producing region, and your handling is of great importance, because it will allow adjustments of sowing periods determining larger efficiency in the use of the precipitations. The objective of this study was to estimate water supply the probability by rainfall for dry rice, corn and soybean crop during the conventional periods of sowing in the region of Ilha Solteira-SP. Were used daily values of precipitation and evaporation of meteorological station of CESP/Unesp, located in Ilha Solteira-SP (20° 21' S, 51° 22' W and altitude 326 m), in the period from 1978 to 2005, for the months of October, November and first fortnight of December, being the values grouped in 5-day interval. The probability of rainfall supply was determined using gama distribution function reduced, based on previous probability estimates of the precipitation distribution and of the crop evapotranspiration. The precipitation values used were correspondents the probability of occurrence of 75% and the evapotranspiration of the crop was estimated by the Class A. The best sowing periods for rice, in the region of Ilha Solteira-SP, it happens in the first and second 5-day interval of December, for propitiating the largest values in the reproductive phase 11,23% and 11,94%, and during the total cycle of crop. For the corn, it happens between the second and third 5-day interval of December, with values around 11% in the 4-6 phase, however, sowings between the third and the fifth 5-day interval of November also present close services to the that happen in that period, being possible to sow in those periods. In the case of the soybean, the best sowing periods happen in the month of November with values in the R1-R6 phase around 10,5%, except for the fourth and fifth 5-day interval of that month where the rainfall supply is smaller. In the first and third 5-day interval of December good conditions also exist, however, for sowings in that period should be known cultivating to be implanted, so that he/she has long juvenile period and don't suffer with the influence of the photoperiod. With this results it can be concluded that the simulations presented low probabilities of rainfall supply, with need of the irrigation use.

Key-words: *Oryza sativa*, *Zea mays*, *Glycine max*, precipitation, gama distribution.

1. INTRODUÇÃO

O arroz é cultivado em todo o território nacional, desde Roraima até o Rio Grande do Sul, com destaque para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Ocupa o 3º lugar em área colhida e o 4º em valor de produção de grãos, sendo que o produto é utilizado totalmente para o consumo interno, como alimento básico da população. O sistema de cultivo predominante no Brasil, é o de terras altas, que corresponde aproximadamente a 37% da produção de grãos e ocupa 64% da área cultivada com arroz no país (SILVA, 2005).

Na maioria das regiões o arroz de terras altas é cultivado em glebas de cerrado, e em grande parte, para abertura de novas áreas, situadas em solos de baixa fertilidade. Nestas regiões a cultura é conduzida durante a estação chuvosa, com risco de diminuição da produção causada pela ocorrência de estiagem. A ocorrência de veranicos durante o estágio de florescimento, pode acarretar perda total da produção. As regiões tropicais apresentam grande sazonalidade das chuvas, muitas vezes com períodos de excesso de água e outros com deficiência (RADULOVICH, 1990).

A cultura do milho é produzida em todo o território nacional, fato que exprime a grande importância econômica e social do produto, e também evidencia a existência de variações nas

formas de produção, devido às distintas condições de clima, solo, infra-estrutura de produção, mercado e fatores sociais e econômicos ligados aos produtores (MONTEIRO, CRUZ, BAHIA, 1992).

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 das culturas, por modificar o balanço de energia do sistema (BERGAMASCHI, 1992).

No Brasil a cultura da soja teve um grande desenvolvimento nas últimas três décadas, sendo atualmente, a principal fonte de exportação agrícola e uma das responsáveis pelo superávit da balança comercial do país. O crescimento da produção e o aumento da capacidade competitiva da soja brasileira estão associados aos avanços científicos e à disponibilidade de tecnologias ao setor produtivo (MERCANTE, 2003).

Conforme Trigueirinho (1999) o Brasil reúne recursos naturais muito favoráveis à produção de oleaginosas. Entretanto, para competir no mercado internacional é necessário que haja forte desenvolvimento tecnológico, propiciado pela pesquisa e extensão rural.

Berlato (1992) menciona que os baixos rendimentos médios da cultura da soja estão relacionados a anos em que ocorreram deficiências hídricas durante os meses de desenvolvimento da cultura e que, em anos considerados muito secos os rendimentos médios estiveram abaixo de uma tonelada por hectare.

O objetivo deste trabalho foi estimar a probabilidade da precipitação atender a necessidade de água das culturas do arroz de terras altas, milho e soja para diferentes épocas de semeadura na região de Ilha Solteira-SP (20° 21' S, 51° 22' W e altitude 326 m), com o intuito de definir melhores datas de semeadura. Esta simulação é importante para dar subsídios para o agricultor decidir, embasado em resultados obtidos com a pesquisa em estatística climatológica,

a melhor data de semeadura. Deste modo, o mesmo poderá dimensionar a sua área de cultivo, conhecendo com antecedência os riscos da precipitação não atender a necessidade de água destas culturas cultivadas na safra de verão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Arroz

O local de origem do arroz é muito discutido, porém, maiores evidências indicam que as duas espécies cultivadas sejam provavelmente originárias de centros de origem diferentes, sendo um asiático *Oryza sativa* L. e o outro africano *Oryza glaberrima* Steud, sendo o principal e o secundário, respectivamente, em termos de importância mundial (CRISPIM, SOUTO, FURLANI JUNIOR, ANDREOTTI, 1993).

A produção de arroz é realizada em todos os continentes, mas a concentração dessa atividade ocorre em 10 países que são responsáveis por 80% do total produzido, sendo que desses 10 países, 8 são asiáticos, com destaque para a China que é o principal produtor (HARADA, NEHMI, FERRAZ, SILVA, NEHMI FILHO, 2007).

Em termos de Brasil, o arroz é cultivado em todo o território nacional, desde Roraima até o Rio Grande do Sul, ocupando o terceiro lugar em área colhida e o quarto em valor de produção. A baixa produtividade do arroz de terras altas é devida à má distribuição

pluviométrica nas principais regiões produtoras e ao baixo consumo de fertilizantes e corretivos (BARBOSA FILHO, 1987).

O arroz é considerado como planta semi-aquática, que pode se adaptar tanto em clima tropical como em subtropical, podendo crescer tanto em solos inundados como em solos bem drenados. No Brasil a produção está concentrada principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. No Nordeste, o Estado do Maranhão é grande produtor. No que diz respeito à produção existem problemas que interferem e diminuem a produtividade nacional como, por exemplo, fatores ambientais, como precipitação, situação econômica, mercado para o produto, e a disponibilidade de recursos (FAGERIA, 1984).

A morfologia entre cultivares de arroz de terras altas e irrigados não diferem, contudo, certas adaptações são necessárias a sobrevivência sob condições de seca, portanto qualquer cultivar pode ser semeado sob as duas condições de cultivo, mas o desenvolvimento e produtividade das plantas sofrem grandes variações (FAGERIA, 1984).

A semente do arroz é capaz de germinar em condições anaeróbicas, entretanto, sob essas condições o posterior crescimento do coleóptilo, da folha e das raízes é anormal. Em condições normais de germinação a semente absorve água e entumece. O estágio de plântula inclui o período entre a germinação e antes da iniciação do primeiro perfilho. O perfilhamento começa no estágio de 4 ou 5 folhas. A fase reprodutiva estende-se da iniciação do primórdio floral ao florescimento, e nela se dá o desenvolvimento da panícula (FAGERIA, 1984).

O arroz é cultivado em quase todos os Estados, sendo submetido a condições climáticas diversas, com diferentes ocorrências de temperatura do ar, radiação solar e precipitação afetando diretamente a produtividade (SILVA, 2001).

Os fatores climáticos influenciam a produção da cultura de arroz, entre eles, temperatura, radiação solar e precipitação, prejudicando diretamente o crescimento vegetativo,

formação e tamanho de grãos e indiretamente facilitando a incidência de pragas e doenças (FAGERIA, 1984).

O arroz é considerado uma planta de dias curtos sendo que fotoperíodo de 10 horas encurtam seu ciclo, antecipando a floração. Os cultivares de arroz são classificadas em três categorias de acordo com a resposta ao fotoperíodo, onde, são consideradas insensíveis quando a fase vegetativa sensível ao fotoperíodo é curta (inferior a 30 dias) e a fase vegetativa básica varia de curta a longa; são consideradas pouco sensíveis quando ocorre aumento acentuado no ciclo da planta quando o fotoperíodo é superior a 12 horas e são consideradas muito sensíveis quando ocorre grande aumento no ciclo com incremento do fotoperíodo e não ocorre florescimento da planta se ocorrer valores de fotoperíodo maiores que o crítico. No Brasil o fotoperíodo não é fator limitante a produção do arroz desde que sejam respeitadas as épocas de semeadura recomendadas para cada região, pois os cultivares lançados apresentam comprimento do ciclo compatível com as características fotoperiódicas da região (SILVA, 2001).

A radiação solar é outro fator relevante, provocando incrementos de produção, para níveis crescentes de radiação durante a fase reprodutiva e de maturação, respectivamente. Dentre os elementos climáticos, a temperatura tem grande importância para o crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura do arroz. A temperatura considerada ideal para o pleno desenvolvimento do arroz situa-se entre 20 °C e 35 °C, com temperaturas crescentes até a floração e decrescentes após a floração. O período de emborrachamento que vai de 14 a 7 dias antes da emissão das panículas é o estágio mais sensível a baixas temperaturas, sendo que temperaturas menores que 20 °C podem acarretar esterilidade das espiguetas. No caso das altas temperaturas, o período de floração é o mais sensível e onde ocorrem os maiores prejuízos, principalmente com temperaturas superiores a 35 °C (SILVA, 2001).

Temperaturas abaixo de 20 °C e acima de 30 °C são críticas para a cultura, e dependendo da fase do ciclo em que ocorrem podem ser mais ou menos prejudiciais. No primeiro caso, pode ocorrer alta esterilidade de espiguetas e no segundo caso pode prejudicar o número de perfilhos, altura das plantas e comprimento das raízes, em casos de temperaturas acima de 40 °C (FAGERIA, 1984).

Embora apresente alta susceptibilidade ao estresse hídrico, grande parte do arroz no Brasil vai a campo no ecossistema de terras altas, ou seja, sem irrigação. A cultura do arroz de terras altas corresponde a aproximadamente 60% da área cultivada no país, no entanto, responde por apenas 34% da produção total. A baixa produtividade da cultura do arroz de terras altas é devida a grande parte das lavouras estarem localizadas na região dos cerrados, onde predominam latossolos com baixa capacidade de água disponível. Outro problema consiste na irregularidade do regime de chuvas na maioria das regiões produtoras, sendo comum à ocorrência de estiagens, causando decréscimos na produtividade do arroz, provocando oscilações na produção nacional (STONE, SILVEIRA, 2004).

A deficiência hídrica reduz a produção, mas o grau de severidade pode ser maior ou menor dependendo da fase do ciclo em que ocorre. No estágio de divisão-redução até a floração, a planta sofre os maiores problemas em caso de deficiência hídrica. Na fase vegetativa o rendimento é reduzido, principalmente devido à redução do número de panículas (FAGERIA, 1984).

O estresse hídrico pode provocar severos danos à cultura, dependendo da fase em que ocorrer, sendo quase imperceptível na fase vegetativa da cultura, em relação a danos a produtividade, e trazendo sérios prejuízos no caso de ocorrência na fase reprodutiva, devido à inibição da emissão das panículas. O efeito da deficiência hídrica no arroz de terras altas pode ser minimizado quando é feita uma observação das épocas de semeadura, visando expor a cultura a

um menor risco de ocorrência de estresse hídrico, principalmente durante a fase reprodutiva (SILVA, 2001).

Na recomendação de datas de semeadura para um determinado cultivar de arroz de terras altas, em uma localidade, deve-se levar em consideração não apenas a quantidade e a frequência de chuva adequada para a germinação e emergência, mas também a distribuição de chuva em períodos críticos, como a floração. A determinação das datas de semeadura, floração e colheita associada às probabilidades de chuva correspondentes a esses estádios fenológicos, permitem a seleção de cultivares adaptados localmente (OLIVEIRA, COSTA, LEITE, SOARES, SOARES, 2000b).

Observações realizadas na Argentina constataram que o arroz reduz o número de grãos por panícula quando submetido a baixas temperaturas, sendo necessário o uso de cultivares adaptados para implantação da cultura nessas condições (VIDAL, BEZUS, ASBORNO, 2001).

Comparando a variabilidade observada no total de graus-dia acumulados e no total de dias do calendário da semeadura à floração, não houve superioridade do método de graus-dia em relação aos dias do calendário, para expressar a duração do subperíodo semeadura-floração do arroz de terras altas em Minas Gerais. O mesmo trabalho apresenta que no referido subperíodo cultivares de ciclo curto apresentaram entre 85 e 88 dias da semeadura a floração e de 97 a 111 dias para cultivares de ciclo médio (OLIVEIRA, COSTA, LEITE, SOARES, SOARES, 2000a).

Em experimento realizado em Selvíria-MS verificando-se diferentes coeficientes de cultura (K_c) no manejo de lâminas de água para a cultura do arroz foi constatado que o K_c utilizado na fase vegetativa de 0,20, possibilitou menor desenvolvimento, resultando em plantas menores, reduzindo o acamamento; na fase reprodutiva, até oito dias de antecedência à fase de emborrachamento o K_c utilizado variou de 0,35 a 0,50. No emborrachamento o K_c foi 1,00 a 1,30 e nos oito dias seguintes, empregou-se o K_c 1,50 a 1,95, e após esse período, retornou-se ao

Kc 1,30 até cinco dias após o florescimento; na fase de maturação, após cinco dias do florescimento, o Kc utilizado foi de 0,70. Esses coeficientes de cultura apresentados permitiram bom desenvolvimento da cultura (CRUSCIOL, ARF, SORATTO, RODRIGUES, MACHADO, 2003).

O ciclo do arroz tende a variar devido à ocorrência de deficiência hídrica na fase vegetativa, aumentando o período de sua duração, refletindo no aumento do ciclo. Outra constatação se refere à altura das plantas que diminui à medida que falta água, sendo mais severo quanto maior for o déficit, além disso, deficiência hídrica ocorrida durante a fase reprodutiva, no período de iniciação do primórdio da panícula até o emborrachamento, reduz o número de espiguetas total por panícula à medida que diminuiu a disponibilidade de água para a cultura (CRUSCIOL, ARF, SORATTO, RODRIGUES, MACHADO, 2003).

No que diz respeito ao volume de água necessário para a cultura completar o ciclo, o arroz de terras altas exige em geral entre 600 e 700 mm de água, sendo que dependendo do cultivar avaliado e do sistema de preparo do solo pode existir maior ou menor exigência hídrica, como por exemplo, no trabalho realizado em Santo Antônio de Goiás onde foi observado que o coeficiente de cultura (Kc) para o cultivar Maravilha variou de 0,58 a 1,93 durante o ciclo da cultura, enquanto o cultivar Carisma obteve variações no Kc de 0,44 a 1,25, sendo que diferiram apenas o cultivar e o sistema de preparo do solo, onde no primeiro caso houve preparo convencional e no segundo caso fez-se uso do plantio direto (STONE, SILVEIRA, 2004).

As melhores épocas de semeadura do arroz no estado do Paraná ficam por conta dos meses de outubro e novembro, todavia, existem riscos mais elevados de veranicos em novembro, que podem afetar o estabelecimento da cultura, portanto, a semeadura deve ser feita com o solo úmido, para reduzir riscos de perdas no estabelecimento da cultura (WREGGE, CARAMORI, GONÇALVES, COLASANTE, FUKOSHIMA, ABUD, 2001).

Em trabalho realizado no estado de Minas Gerais envolvendo várias regiões visando estimar épocas de semeadura para a cultura do arroz foi verificado que as chuvas são crescentes a partir do quinto quinquídio de outubro, propiciando na floração condições favoráveis quanto à quantidade e distribuição de chuva, com gradual decréscimo até à colheita (OLIVEIRA, COSTA, LEITE, SOARES, SOARES, 2000b).

Em experimento conduzido no município de Selvíria-MS, a menor disponibilidade de água durante a fase vegetativa e reprodutiva do arroz reduziu sua produção de matéria seca e os teores de nutrientes da parte aérea, bem como a quantidade dos nutrientes extraídos pelas plantas até o florescimento (CRUSCIOL, ARF, SORATTO, MACHADO, 2003).

2.2. Milho

O milho é originário da América, provavelmente da região onde hoje se situa o México, tendo sido domesticado entre sete e dez mil anos atrás. O milho é cultivado em uma grande variedade de climas, porém, os maiores progressos foram obtidos nos climas temperados, onde os problemas são relativamente mais simples do que nos climas tropicais (PATERNIANI, 1993).

O Brasil tem passado por uma nova fase de comercialização com a cultura do milho, passando de um dos maiores importadores para um dos principais exportadores mundiais. Na escala dos maiores produtores mundiais de grãos o Brasil se encontra em terceiro lugar, ficando atrás de Estados Unidos e China, no entanto, a produção desses dois países não vem avançando. Os Estados Unidos sofrem com os preços baixos praticados no mercado fazendo com que o governo local tenha que despejar grandes volumes de subsídios ao setor, no caso da China o maior problema é o clima devido a grandes estiagens que afetam o país (BRANDALIZZE, 2001).

A distribuição da cultura do milho no Brasil constitui uma extensa faixa que abrange toda a Bacia Paraná-Paraguai, e na sua parte setentrional se desloca para leste, envolvendo a zona da Mata, em Minas Gerais, uma região não homogênea quanto as condições de solo e clima (VIEGAS, 1989).

A produção nacional de milho tem efeito significativo sobre a quantidade de grãos produzidos no Brasil, sendo que de cada três quilos colhidos entre cereais e oleaginosas, mais de um vem do milho. Esta cultura se apresenta como um dos principais insumos para o segmento produtivo, sendo utilizado no arraçãoamento de animais, tanto na forma “in natura”, como na forma de farelo, de ração ou de silagem. Também é utilizado na alimentação humana na forma “in natura”, como milho verde, e na forma de subprodutos, como pão, farinha e massas (PINAZZA, 1993).

O milho tem melhor germinação e emergência das plântulas quando semeado em locais onde as temperaturas estão situadas entre 25 °C e 30 °C. Temperaturas superiores a 42 °C e inferiores a 10 °C prejudicam sensivelmente estas etapas. Outro apontamento quanto à temperatura é que a cada grau de temperatura média superior a 21,1 °C, nos primeiros 50-60 dias após a semeadura, pode acarretar em antecipação do florescimento de dois a três dias. Temperaturas superiores a 35-37 °C por um período maior que três horas, na fase de formação do grão pode provocar redução no rendimento do milho, bem como alterar a composição protéica dos grãos. Temperaturas noturnas maiores que 24 °C promovem um consumo energético demasiado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando diminuição de fotoassimilados, com conseqüente queda de rendimento da cultura (FANCELLI, DOURADO NETO, 2001).

A cultura do milho sofre com estresse hídrico, provocado por seca periódica denominada veranico, que quando ocorre na fase que antecede ou durante o florescimento do milho pode afetar de forma drástica a cultura (VIEGAS, 1989).

Com a obtenção de informações sobre o rendimento de grãos e variáveis meteorológicas do período entre 1986 e 1999 em várias localidades do Paraná, foi feita uma correlação entre elas verificando que fatores climáticos têm relativa participação no total de rendimentos de grãos, pois as condições do tempo podem causar os veranicos, sempre imprevistos na agricultura (ANJOS, NERY, 2005).

Em experimento realizado no município de Janaúba, Estado de Minas Gerais, com a cultura do milho, utilizando dados climáticos do período de 1977 a 1995, foi feita análise da interferência da radiação solar na produtividade da cultura, com o auxílio do programa CERES-Maize, e foi verificado que com o aumento da radiação solar no período entre o florescimento e a maturação fisiológica ocorreu maior produtividade da cultura, por outro lado, quando houve diminuição da radiação solar nesse período houve queda na produtividade. Outro fator importante é que a variação na quantidade de radiação não influenciou a quantidade de matéria seca produzida, sendo em ambos os casos semelhantes (FREITAS, MANTOVANI, REZENDE, GONÇALVES, BERTONHA, 2001).

A cultura do milho, associada à variabilidade climática, apresenta grande sensibilidade à falta de água, em razão de seu período crítico curto ser bem definido, desde a emissão da inflorescência masculina (pendoamento) até o início do enchimento de grãos (BERGAMASCHI, DALMAGO, BERGONCI, BIANCHI, MÜLLER, COMIRAN, HECKLER, 2004).

Conforme trabalho realizado em Santa Cruz das Palmeiras-SP, durante seis anos, visando avaliar em ensaios de milho a temperatura-base para cultura, pode-se verificar que 10 °C

é uma temperatura confiável para ser utilizada no cálculo de graus-dia para a cultura do milho, da semeadura a floração (LOZADA, ANGELOCCI, 1999).

Utilizando dados diários de precipitação e temperatura do ar, de seis localidades do Estado de São Paulo, produtoras de milho correspondentes o cultivares consideradas superprecoces, precoces e tardias, foi observado que na média o comprimento do subperíodo emergência-florescimento da cultura variou de 50 a 80 dias, para épocas de semeadura entre os meses de novembro e janeiro, e da emergência-maturação fisiológica, os valores encontrados foram de 80 a 110 dias (ALFONSI, VICTORIA FILHO, SENTELHAS, 1997).

Em Eldorado do Sul-RS avaliando o crescimento do milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-dia foi verificado que déficit hídrico durante o crescimento vegetativo em milho ocasiona atraso na ocorrência de estádios fenológicos e necessidade de maior acúmulo de graus-dia para a cultura completar seu ciclo. Da mesma forma, afeta negativamente o índice de área foliar e o acúmulo de matéria seca aérea (FRANÇA, BERGAMASCHI, ROSA, 1999).

Com dados dos anos de 1975 a 1990, de quatro estações de pesquisa no Rio Grande do Sul, onde foram realizadas semeaduras da cultura do milho e foram obtidos dados de fenologia e rendimento de grãos, pode-se observar que deficiência hídrica, acompanhada de temperaturas elevadas, antecipa a emissão da inflorescência masculina e atrasa o aparecimento da inflorescência feminina, aumentando o intervalo entre o pendramento e o espigamento, prejudicando a polinização e afetando o número de grãos da espiga. O início do ciclo da cultura do milho coincide, geralmente, com períodos de baixa demanda evaporativa da atmosfera, apresentando, também, menor consumo de água, uma vez que as plantas estão na fase inicial de desenvolvimento e, portanto, com baixo índice de área foliar (MATZENAUER, BERGAMASCHI, BERLATO, RIBOLDI, 1995).

Em observações realizadas no município de Taquari-RS, ao longo de 12 anos, relativas ao comportamento do coeficiente de cultura (K_c) do milho foi verificado que durante os subperíodos da semeadura à emergência e da emergência até os 30 dias ocorrem os menores valores de evapotranspiração da cultura. A partir do subperíodo dos 30 dias após a emergência até 50% do pendoamento ocorre um incremento da área foliar da cultura, atingindo valores máximos durante o subperíodo dos 50% do pendoamento até a maturação leitosa com valores de K_c próximos de 1,00. Durante o subperíodo da maturação leitosa até a maturação fisiológica, ocorre redução nos valores dos coeficientes (MATZENAUER, BERGAMASCHI, BERLATO, 1998). Foi observado que a evapotranspiração máxima da cultura, na média dos 12 anos de avaliação, ao longo do ciclo foi de 570, 572, 541 mm, respectivamente, nos meses de setembro, outubro e novembro. Os resultados deste trabalho demonstram uma pequena variação do consumo total de água no ciclo do milho, entre as diferentes épocas de semeadura, levando-se em conta que os valores são as médias de vários anos (MATZENAUER, BERGAMASCHI, BERLATO, MALUF, 1998).

De acordo com pesquisa desenvolvida em Eldorado-RS, durante um ano agrícola, a evapotranspiração da cultura do milho estimada pelo modelo de PENMAN-MONTEITH modificado apresenta concordância com dados de lisímetro somente quando a cultura está com índice de área foliar (IAF) elevado, sendo que no início do ciclo, quando o IAF é pequeno, a estimativa realizada pelo modelo subestima a evapotranspiração. Na semana do pendoamento foi observada evapotranspiração constatada pelo lisímetro de 8,1 mm dia⁻¹ e pelo modelo de 7,1 mm dia⁻¹. Por outro lado, no total diário de evapotranspiração durante todo ciclo foi verificado igualdade entre os métodos com 4,5 mm dia⁻¹ (RADIN, SANTOS, BERGAMASCHI, ROSA, BERGONCI, 2000).

Em experimento realizado no Município de Eldorado do Sul-RS foi comparado milho sob sistema de irrigação e milho sem uso de irrigação, mostrando que nos anos agrícolas em que houve deficiência hídrica no período crítico da cultura, ou seja, na fase de pendoamento, houve diferença de mais de 60% na produtividade da cultura. Já nos anos em que o déficit hídrico ocorreu de maneira acentuada apenas no período vegetativo a queda de produtividade foi inferior a 15% (BERGONCI, BERGAMASCHI, SANTOS, FRANÇA, RADIN, 2001).

Na avaliação da produtividade do milho em dois anos agrícolas no município de Eldorado-RS, foram encontradas duas situações opostas, onde na primeira, no ano agrícola 1998/99, ocorreu uma severa estiagem no Estado, no entanto, duas chuvas entre o pendoamento e o espigamento promoveram alta produtividade da cultura com valores em torno de 8000 Kg ha⁻¹ de grãos. Por outro lado, no ano agrícola 2002/03 o Estado registrou precipitações acima da média, no entanto, ao redor dos 60 dias após a emergência da cultura ocorreu um veranico de aproximadamente 8 dias, provocando déficit de água para a cultura no momento do pendoamento e reduzindo a produção abaixo dos 2000 Kg ha⁻¹ de grãos, evidenciando a elevada necessidade de água da cultura do milho no período crítico (BERGAMASCHI, DALMAGO, BERGONCI, BIANCHI, MÜLLER, COMIRAN, HECKLER, 2004).

Conforme trabalho realizado em Santa Maria-RS as melhores épocas de semeadura para cultura do milho, baseadas no atendimento hídrico e considerando que o efeito de redução de produtividade do milho é mais drástico se a deficiência hídrica ocorre no subperíodo da antese à maturação leitosa, situam-se desde meados até o final de dezembro. Também foi constatado que os maiores níveis de deficiência ocorrem para as épocas de semeadura de início de outubro à primeira quinzena de novembro (NIED, HELDWEIN, ESTEFANEL, SILVA, ALBERTO, 2005).

No estudo de seis localidades do Estado de São Paulo, produtoras de milho, foi verificado que nas semeaduras de setembro, os valores de atendimento hídrico são menores que os apresentados para as semeaduras de outubro, novembro e dezembro, evidenciando que para essas semeaduras antecipadas, os estádios de desenvolvimento críticos da cultura do milho (florescimento e enchimento de grãos) coincidirão com períodos irregulares de distribuição de chuvas. Em Votuporanga, cidade mais próxima a Ilha Solteira que foi avaliada, nota-se que os valores relativos às porcentagens das probabilidades de atendimento hídrico, para os três cultivares estudados, apresentam um acréscimo a partir das semeaduras de setembro, atingindo valores máximos para as semeaduras de outubro a novembro, com um decréscimo acentuado das mesmas de dezembro a março (ALFONSI, FILHO, SENTELHAS, 1997). Os valores das probabilidades de suprimento hídrico foram baseados nas probabilidades das ocorrências da precipitação serem maiores ou iguais à evapotranspiração máxima da cultura. Para os três tipos de cultivares estudados, nas semeaduras realizadas durante os meses de outubro e novembro, os valores de probabilidades de atendimento hídrico nos estádios críticos de desenvolvimento ficaram entre 60 e 80% (ALFONSI, PEZZOPANE, MORAES, VICTORIA FILHO, 1997).

O uso da água deve ser otimizado no intuito de se obter a máxima produção vegetal por unidade de volume de água utilizado, através de um procedimento que leva em consideração uma visão total do sistema verificando a dinâmica e a interação entre planta e atmosfera (DOURADO NETO, FANCELLI, 2001).

2.3. Soja

A soja foi domesticada no continente asiático, surgiu como cultura no nordeste da China (30° a 40° N) em torno do século XI a.C.; sendo a Manchúria provavelmente um centro de diversificação (centro de origem secundário) da espécie. A cultura foi introduzida no Brasil por

Gustavo Dutra, em 1882, na Bahia. Em 1891 foi semeada na Estação Agrônômica de Campinas e nos anos de 1900 a 1901 houve distribuição de sementes e semeadura da cultura no estado de São Paulo (VERNETTI, 1983).

Conforme Trigueirinho (1999) a competição é acirrada nos principais complexos oleaginosos, mas a soja se destaca como líder, respondendo por 52, 63 e 29 % da produção mundial de oleaginosas, farelos protéicos e óleos alimentícios, respectivamente. Estados Unidos, Brasil, Argentina e China são os principais produtores e processadores, agregando a este último grupo a União Européia. Estados Unidos, União Européia e China são os principais consumidores de farelo de soja, e Estados Unidos, China e Brasil são os maiores consumidores de óleo de soja. A China destaca-se como o principal mercado emergente. Já ocupa toda a sua área agricultável e terá que recorrer cada vez mais a importações para alimentar sua população. O agronegócio da soja é estratégico para o desenvolvimento nacional, por gerar cerca de 10 % das receitas de exportação e pelo abastecimento interno de alimentos básicos (óleo de soja, além de carnes, ovos e leite produzidos com farelo de soja).

A determinação das fases ou estádios de desenvolvimento da soja tem sido estudada por diversos pesquisadores sendo que a escala de Fehr e Caviness pode ser aplicada a uma única planta ou a uma comunidade delas, podendo generalizar seu uso em pesquisas com soja em que se necessite correlacionar dados com estádios de desenvolvimento. Nessa escala o estágio vegetativo é determinado pela contagem dos nós do caule principal. O estágio reprodutivo compreende a floração, o desenvolvimento de vagens e grãos e a maturação (ALVAREZ FILHO, 1995).

A disponibilidade da radiação solar ao longo do ciclo da soja afeta o rendimento de grãos. Sombreamento durante duas semanas não afeta o rendimento se ocorrido antes da floração plena, no entanto, se acontecer após esse período, especialmente no início do enchimento de

grãos provoca sérios prejuízos na produção. No Brasil, especificamente, é pouco provável que ocorra a ausência de insolação por um período contínuo de duas semanas, e por isso considera-se que não há limitações de radiação solar para o cultivo da soja (SCHNEIDER, SACCOL, HELDWEIN, BURIOL, 1995).

O dia terrestre tem a duração aproximada de 24 horas, sendo constituído por um período de claro (fotoperíodo) e um período de escuro (nictoperíodo). Vegetais superiores que possuem a capacidade de perceber essas variações são denominadas plantas sensíveis, caso da soja, é uma planta que caracteriza sua mudança da fase vegetativa para a reprodutiva em resposta às variações de fotoperíodo no ambiente. A cultura da soja necessita de um determinado valor de horas de luz, característico da espécie ou de cada cultivar dentro da espécie para que possa ocorrer o florescimento, sendo denominado de Fotoperíodo Crítico. Sabendo-se que no território nacional a soja é cultivada desde as altas latitudes gaúchas (32°S) até as latitudes adjacentes ao equador da Terra (0°), e tomando-se como referência, os maiores valores de fotoperíodo para cada latitude, infere-se que os cultivares brasileiras apresentam fotoperíodo crítico dentro da faixa de 14 horas (32°S) a 12 horas (0°) (CÂMARA, 2000).

O fator mais importante para a passagem bem sucedida da soja do subperíodo vegetativo para o reprodutivo é a duração do ciclo escuro (nictoperíodo). Tanto a duração do nictoperíodo como a do fotoperíodo variam conforme a latitude e a época do ano. Para que ocorra floração, as folhas de soja precisam de dois ciclos fotoindutivos, isto é, tem de ficar expostas ao sol por dois períodos consecutivos de um número determinado de horas diárias (fotoperíodo crítico), característico do cultivar escolhida, sendo que a flor só se abrirá três semanas após esses dois ciclos (SCHNEIDER, SACCOL, HELDWEIN, BURIOL, 1995).

Como reportado por Schöffel (2001) a planta de soja é induzida a florescer, desde que adulta e seja exposta ao fotoperíodo crítico. Assim, a época de semeadura deve ser tal que

proporcione condições ao desenvolvimento vegetativo suficiente para fornecer suporte à produção.

O menor tempo de germinação da soja, em condições favoráveis, é obtido em temperatura constante de 30°C. O dobro do tempo é necessário com 20°C. A soja semeada mais cedo, em geral, leva de 10 a 14 dias para germinar, e mais tarde, com temperaturas mais elevadas, 5 a 7 dias (MOTA, 1983).

A temperatura exerce influência sobre todas as fases fenológicas da soja. Além de ser uma planta fotossensível de dia curto, a cultura também acumula graus-dia para completar uma determinada fase do seu ciclo fenológico ou ciclo total. A faixa térmica mais apropriada para o desenvolvimento da cultura situa-se entre 600 e 2400°C. Este total é obtido através da soma diária das temperaturas médias diárias superiores a 15°C (temperatura base inferior), durante todo o ciclo da cultura (CÂMARA, 2000).

Entre os fatores climáticos, a água é o mais importante para as culturas de verão, principalmente por se tratar de disponibilidade mais variável nesse período. O reservatório natural de água disponível às plantas é o solo cuja recarga depende da chuva. Como essa carga é descontínua, a disponibilidade é variável. Assim, assume importância o conhecimento do balanço da água no solo, auxiliando na interpretação dos resultados de pesquisa e na compreensão dos resultados de produção obtidos nas principais regiões sojícolas (GARCIA, GAUDENCIO, TORRES, 1988).

A região produtora de soja está localizada em uma zona de transição de regimes pluviométricos. A precipitação anual varia de 1250 a 2250 mm, com uma distribuição estacional que mostra um acentuado gradiente de sul para norte (MOTA, 1983).

Uma das funções mais importantes no estudo das relações solo - água - planta é o consumo estacional de água de cada espécie. Esse dado é fundamental no caso de necessidade de

suplementação de água através da irrigação, bem como para o planejamento de projetos de irrigação em longo prazo. Também o conhecimento do consumo de água nos diversos subperíodos do ciclo da planta permitirá ajustamentos de épocas de semeadura em função das disponibilidades hídricas da região considerada, determinando maior eficiência no aproveitamento das precipitações (BERLATO, BERGAMASCHI, 1978).

A época de semeadura pode ser ajustada para evitar os períodos de baixa precipitação durante os estádios críticos da germinação, estabelecimento das plântulas, início da floração e período de enchimento de grãos. A época da floração dos cultivares precoces e médios é mais influenciada pela data da semeadura do que os cultivares tardias, adaptadas. Portanto, é possível, e necessário fazer coincidir o período da floração e fixação das vagens dos cultivares precoces e médios com os períodos favoráveis de chuva (MOTA, 1983).

O crescimento da soja, durante o subperíodo emergência-floração é proporcional à disponibilidade de água no solo. A ocorrência de estiagens no subperíodo floração-início de formação de vagens não é tão crítica quanto na germinação ou no enchimento de grãos, pois normalmente não determina reduções significativas no rendimento. O consumo médio de água pela cultura aumenta da emergência até a formação das vagens, decrescendo em seguida até a maturação. O maior valor de consumo diário de água pela cultura ocorre no início do subperíodo floração-surgimento das vagens, enquanto o maior consumo total ocorre no subperíodo surgimento de vagens-enchimento de grãos, portanto, durante o período reprodutivo da planta (SCHNEIDER, SACCOL, HELDWEIN, BURIOL, 1995).

A maioria das pesquisas relacionadas com a época de semeadura da soja visa à produção de grãos, e pouca atenção tem sido dada à qualidade visual e poder germinativo das sementes. A colheita da soja deve ser feita logo após a maturação. Entretanto, nem sempre esta condição pode ser satisfeita, principalmente se a colheita coincide com períodos chuvosos, que

podem causar danos irreparáveis à qualidade das sementes, influenciando a capacidade germinativa e o seu valor comercial (SEDIYAMA, SILVA, THIEBAUT, FONTES, MARTIONS, 1982).

As condições climáticas são determinadas pela interação de vários fatores, tais como, pluviosidade, temperatura e insolação. O clima como um todo é relativamente estável, pelo menos a curto e a médio prazo. No entanto, as ocorrências meteorológicas que o determina são variáveis. A produtividade das culturas é resultante em grande parte dessas ocorrências (NEUMAIER, TORRES, GAUDENCIO, GARCIA, VAL, 1985).

Visando quantificar a evolução da soja no Estado de São Paulo foram obtidos dados de área cultivada, rendimento agrícola e produção da cultura da soja junto ao Instituto de Economia Agrícola da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, para o período de 1975 a 1989, constatando-se que a soja ocupou preferencialmente as Colinas Amplas e Médias e Morros Amplos, com altitudes variando de 500 a 800 metros, sendo que ocorreu aumento em torno de 54% nas áreas cultivadas com a cultura durante o período de avaliação (SANTOS, 1996).

Avaliando o crescimento da soja em função da soma térmica, representada pelos graus-dia (GD), em Jaboticabal-SP, através da observação de cultivares de ciclo precoce e médio, durante um ciclo da cultura, com diferentes datas de semeadura foi possível detectar que em condições adequadas de disponibilidade hídrica as taxas de conversão de graus-dia em fitomassa variaram de acordo com a época de semeadura, com o cultivar e, ainda, ao longo do ciclo de cada cultivar de soja (SCHÖFFEL, VOLPE, 2002b). Em outra avaliação no mesmo experimento foi verificado que semeaduras entre setembro e outubro ocasionaram maior prolongamento do ciclo fenológico e, a partir de novembro o atraso da semeadura provocou reduções contínuas na duração do ciclo. O acúmulo térmico está forte e inversamente correlacionado com a data de semeadura, sendo que foram encontrados valores de acúmulo de temperatura maiores que 1400

graus-dia para semeaduras no final do mês de setembro e por volta de 1200 graus-dia para semeaduras em meados de dezembro. A precocidade para florescer, em função do atraso da semeadura é devido à maior sensibilidade dos cultivares a redução do comprimento do dia (SCHÖFFEL, VOLPE, 2002a).

Em experimento realizado em Viçosa-MG com a cultura da soja em condições de campo, procurando demonstrar os efeitos do estresse hídrico sobre a cultura, foi constatado que ocorre uma redução da capacidade de captura da radiação solar e que o grau desse declínio depende do subperíodo de desenvolvimento, sendo constatada maior queda durante o subperíodo vegetativo (CONFALONE, COSTA, PEREIRA, 1998).

Com um período entre 20 e 30 anos de dados de 40 estações meteorológicas no Rio Grande do Sul foi observado que a disponibilidade hídrica é uma variável que limita a expressão do potencial de rendimento da cultura da soja, independentemente do ciclo do cultivar, da época de semeadura e do local (CUNHA, HAAS, DALMAGO, PASINATO, 1998).

De acordo com experimento realizado na Argentina nas imediações da cidade de Buenos Aires, pelo período de um ano agrícola com a cultura da soja, a utilização de cultivares de soja de hábito de crescimento indeterminado, em regiões nas quais são freqüentes secas durante os primeiros períodos da fase reprodutiva, permitem a obtenção de altos rendimentos sem a necessidade de irrigação complementar. O déficit hídrico no início do período reprodutivo (R1-R4), reduz a área foliar, mas não afeta o rendimento final de grãos em razão da compensação na partição de assimilados. O déficit hídrico no final do período reprodutivo (R4-R6), provoca uma forte diminuição no rendimento de grãos, sendo a produção de legumes por unidade de superfície o componente de rendimento mais afetado (CONFALONE, DUJMOVICH, 1999).

Em uma análise feita em Jaboticabal-SP, relacionada com o comportamento da cultura da soja sobre estresse hídrico e aplicações de lâminas de água em diferentes quantidades e épocas, foi verificado que a quantidade de água não foi limitante para a maior produtividade, mas sim a frequência de irrigação (FERNANDES, TURCO, 2001).

Estudando oito localidades no Rio Grande do Sul visando avaliar períodos de deficiência hídrica para cultura da soja, onde são considerados problemas locais, aqueles que a cada dez anos de avaliação, dois ou mais anos excedem o valor de evapotranspiração calculado com base no método do balanço hídrico diário. Para construção desse balanço o K_c utilizado entre a diferenciação dos primórdios florais ao início da floração foi de 0,5 e do início da floração até o final do enchimento dos grãos de 1,0. Foram utilizados os dados médios de quatro anos de observações fenológicas de cultivares da soja, de diferentes grupos de maturação e época de semeadura. O período de maior atendimento hídrico na principal região produtora de soja do Estado ocorreu com semeadura no dia 17 de novembro que também é a época de maior rendimento da cultura. Épocas de semeaduras mais cedo ou mais tarde aumentam o risco de secas e a necessidade de irrigação (MOTA, AGENDES, ALVES, SIGNORINI, 1996).

Em um trabalho realizado no Planalto médio do Rio Grande do Sul com dados climatológicos de uma série histórica com 22 anos de dados, foi verificado que durante o estabelecimento da cultura e início de desenvolvimento das plantas os valores de evapotranspiração da cultura foram baixos. Com o aumento da área foliar foram observados valores elevados de evapotranspiração da cultura, atingindo valores máximos durante a floração e enchimento de grãos. No final do ciclo houve uma diminuição do consumo de água, devido à redução da atividade fisiológica das plantas e senescência das folhas próximo à maturação, com a conseqüente redução da área foliar. Os valores totais de evapotranspiração real durante o ciclo completo da cultura, na média do período estudado, variaram de 474 mm para a época de

semeadura de dezembro em Cruz Alta-RS, a 620 mm para a época de semeadura de outubro em Passo Fundo-RS. Observaram ainda, que à medida que a época de semeadura foi retardada, diminuiu a perda de rendimento potencial, principalmente para Cruz Alta, com uma perda estimada em 58% para a época de 15 de outubro, 50% para a época de 5 de novembro e 36% para a época de 5 de dezembro, para cultivares de ciclo médio (MATZENAUER, BARNI, MACHADO, ROSA, 1998).

Em estudo com a cultura da soja em dez localidades no Rio Grande do Sul durante um período de avaliação variando de 19 a 26 anos, pode-se verificar que a época de semeadura de maior risco por deficiência hídrica para a cultura no Estado é a de início de outubro, seguindo-se a semeadura de novembro, sendo a época de dezembro a de menor risco para a cultura (MATZENAUER, BARNI, MALUF, 2003).

2.4. Equações de densidade de probabilidade

O uso de funções densidade de probabilidade está diretamente ligado à natureza dos dados a que ela se relaciona. Algumas têm boa capacidade de estimação para pequeno número de dados, outras requerem grande série de observações.

Dentre estas funções podem-se citar a distribuição exponencial que é geralmente aplicada a dados com forte assimetria. A distribuição log-normal, a qual assume que os logaritmos das variáveis aleatórias são normalmente distribuídos. A distribuição normal, sendo que sua importância em análise matemática resulta do fato de que muitas técnicas estatísticas assumem ou exigem a normalidade dos dados. A distribuição Weibull é utilizada em análise hidrológica para eventos extremos, contudo, sua utilização em séries climáticas é pouco conhecida. No entanto, a distribuição gama é a que tem sido utilizada com frequência na

estimação da probabilidade de precipitação tendo obtido resultados satisfatórios obtendo boa aderência (CATALUNHA, SEDIYAMA, LEAL, SOARES, RIBEIRO, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Estimativa da probabilidade de distribuição de precipitação

Para o estudo proposto foram utilizados os valores diários de precipitação do período de 1978 a 2005, obtidos na estação meteorológica da Companhia Energética do Estado de São Paulo (CESP) e Universidade Estadual Paulista (Unesp), localizada em Ilha Solteira-SP (20° 21' S, 51° 22' W e altitude 326 m), no período. Estes dados foram agrupados em quinquêdios para os meses de outubro, novembro e a primeira quinzena de dezembro.

Utilizou-se a distribuição gama de probabilidade que, segundo Assis, Arruda, Pereira, (1996), é a mais utilizada para o ajuste de totais de altura de precipitação de períodos mensais ou menores. Sua função densidade de probabilidade tem a forma:

$$f(X) = \frac{1}{\Gamma(\gamma) \beta^\gamma} X^{\gamma-1} e^{-X/\beta} \quad (1)$$

Com β , $\gamma > 0$ e $0 < X < \infty$, onde $\Gamma(\gamma)$ é a função gama do parâmetro γ . Os parâmetros γ e β foram estimados através do método da máxima verossimilhança, obtidos pelas equações:

$$\beta = X / \gamma \quad (2)$$

$$\gamma = \{ 1 + [1 + (4 \cdot A / 3)]^{1/2} \} / 4 \cdot A \quad (3)$$

$$A = \ln(X) - 1/n \sum \ln(X_k) \quad (4)$$

Onde X é o valor médio da precipitação no período e X_k é a precipitação acumulada no período.

As equações (2), (3), (4) e a função gama do parâmetro γ $\{\Gamma(\gamma)\}$ foram calculadas para os dados diários de precipitação agrupados em quinquídeos para os meses de outubro, novembro e primeira quinzena de dezembro.

A função cumulativa de probabilidade da distribuição foi calculada pela equação:

$$F(X) = \frac{1}{\Gamma(\gamma) \beta^\gamma} \int_0^X X^{\gamma-1} e^{-X/\beta} dX \quad (5)$$

A equação (5) não apresenta solução imediata, sendo necessário utilizar expansão em série. A série utilizada Assis, Arruda, Pereira, (1996) foi:

$$F(t) = (t^\gamma / \gamma \Gamma(\gamma) e^\gamma) \cdot \{ 1 + [t^1 / (\gamma + 1)] + [t^2 / (\gamma + 1) \cdot (\gamma + 2)] + [t^3 / (\gamma + 1) \cdot (\gamma + 2) \cdot (\gamma + 3)] + \dots \} \quad (6)$$

Onde $t = X / \beta$.

A equação (6) é a probabilidade de ocorrer um valor $X \leq t$ é $F(t)$. Para a resolução da equação (6) o número de termos adotado foi 13.

Os valores de precipitação utilizados para análise no trabalho foram os correspondentes a probabilidade de ocorrência de 75%, ou seja, de cada quatro anos de análise da precipitação, no mínimo em três ocorrerá o valor apresentado.

3.2. Estimativa da evapotranspiração da cultura

Os valores diários de evaporação do tanque “Classe A” da mesma estação meteorológica, foram agrupados em quinqüídios para o mesmo período considerado para as precipitações.

A evapotranspiração de referência (ET_o), foi calculada pela expressão:

$$ET_o = K_p * ECA \quad (7)$$

Sendo K_p o coeficiente do tanque e ECA a evaporação do Tanque Classe A. A evapotranspiração da cultura foi calculada pela expressão: ET_c = K_c * ET_o, na qual ET_c é a evapotranspiração da cultura; K_c é o coeficiente de cultura e ET_o é a evapotranspiração de referência (PEREIRA, NOVA, SEDIYAMA, 1997).

O período da emergência até a colheita foi dividido em três fases fenológicas:

- Para a cultura do arroz de terras altas, ciclo de 110 dias: Fase Vegetativa, 50 DAE (correspondente ao período da emergência até o colar formado na folha do enésimo internó alongado), Fase Reprodutiva, 50-85 DAE (correspondente ao período da iniciação da panícula até o enchimento de grãos) e Fase de Maturação, 85-110 DAE (correspondente ao período de grão maduro até casca marrom), adaptado de Arkansas Rice Check off EMBRAPA/ EPAGRI/ IRGA (1999).
- Para a cultura do milho, ciclo 120 dias: Estádios 0 a 3, 45 DAE (correspondente ao período da emergência até plantas com 12 folhas totalmente desdobradas), Estádios 4 a 6, 45-80 DAE

(correspondente ao período da emissão do pendão até grãos leitosos) e Estádios 7 a 10, 80-120

DAE (correspondente ao período de grãos pastosos até grãos maduros fisiologicamente), adaptado de FANCELLI, DOURADO-NETO (1997).

- Para a cultura da soja, ciclo de 120 dias: Estádios VE a Vn, 55 DAE (correspondente ao período da emergência ao enésimo nó), Estádios R1 a R6, 55-90 DAE (correspondente ao período do início do florescimento até o pleno enchimento das vagens) e Estádios R7 a R8, 90-120 DAE (correspondente ao período do início da maturação até a maturação plena), adaptado de FEHR e CAVINESS (1977).

Os coeficientes de cultura (K_c) utilizados foram adaptados de Doorenbos e Kassam (1979) e ajustados através de regressão linear (Tabelas 1, 2 e 3). O dia central do quinquídio foi o escolhido para representar o K_c , ou seja, dentro dos cinco dias sempre utilizou-se o valor do terceiro dia. O coeficiente do tanque (K_p) utilizado foi o apresentado por Doorenbos e Pruitt (1977), com valor constante de 0,75. O K_c é função da cultura e do estágio de desenvolvimento e o K_p é função do tamanho e natureza da área tampão, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

Tabela 1. Fases fenológicas, valores do coeficiente de cultura (Kc) e equações de regressão

para o arroz de terras altas, para períodos quinqüidiais.

Quinqüídio	Fase Fenológica	Equações de Regressão	Coeficiente de cultura (Kc)
1°	Fase Vegetativa	$Kc = 0,0116*DAE + 0,3884$	0,42
2°	Fase Vegetativa		0,48
3°	Fase Vegetativa		0,54
4°	Fase Vegetativa		0,60
5°	Fase Vegetativa		0,66
6°	Fase Vegetativa		0,71
7°	Fase Vegetativa		0,77
8°	Fase Vegetativa		0,83
9°	Fase Vegetativa		0,89
10°	Fase Vegetativa		0,95
11°	Fase Reprodutiva	$Kc = -0,0133*DAE + 2,1333$	1,00
12°	Fase Reprodutiva		1,06
13°	Fase Reprodutiva		1,12
14°	Fase Reprodutiva		1,16
15°	Fase Reprodutiva		1,10
16°	Fase Reprodutiva		1,03
17°	Fase Reprodutiva		0,96
18°	Fase de Maturação		0,90
19°	Fase de Maturação		0,83
20°	Fase de Maturação		0,76
21°	Fase de Maturação		0,70
22°	Fase de Maturação		0,63

Tabela 2. Estádios fenológicos, valores do coeficiente de cultura (Kc) e equações de regressão para o milho, para períodos quinquidiais.

Quinquídio	Estádio Fenológico	Equações de Regressão	Coeficiente de cultura (Kc)
1º	Estádios 0 a 3	$Kc = 0,0101 \cdot DAE + 0,4899$	0,52
2º	Estádios 0 a 3		0,57
3º	Estádios 0 a 3		0,62
4º	Estádios 0 a 3		0,67
5º	Estádios 0 a 3		0,72
6º	Estádios 0 a 3		0,77
7º	Estádios 0 a 3		0,82
8º	Estádios 0 a 3		0,87
9º	Estádios 0 a 3		0,92
10º	Estádios 4 a 6		0,97
11º	Estádios 4 a 6	$KC = -0,012 \cdot DAE + 2,04$	1,03
12º	Estádios 4 a 6		1,08
13º	Estádios 4 a 6		1,13
14º	Estádios 4 a 6		1,18
15º	Estádios 4 a 6		1,16
16º	Estádios 4 a 6		1,10
17º	Estádios 7 a 10		1,04
18º	Estádios 7 a 10		0,98
19º	Estádios 7 a 10		0,92
20º	Estádios 7 a 10		0,86
21º	Estádios 7 a 10		0,80
22º	Estádios 7 a 10		0,74
23º	Estádios 7 a 10		0,68
24º	Estádios 7 a 10		0,62

Tabela 3. Estádios fenológicos, valores do coeficiente de cultura (Kc) e equações de regressão para a soja, para períodos quinquidiais.

Quinquídio	Estádio Fenológico	Equações de Regressão	Coeficiente de cultura (Kc)
1º	VE a Vn	$Kc = 0,0101 * DAE + 0,3899$	0,42
2º	VE a Vn		0,47
3º	VE a Vn		0,52
4º	VE a Vn		0,57
5º	VE a Vn		0,62
6º	VE a Vn		0,67
7º	VE a Vn		0,72
8º	VE a Vn		0,77
9º	VE a Vn		0,82
10º	VE a Vn		0,87
11º	VE a Vn		0,93
12º	R1 a R6		0,98
13º	R1 a R6	$Kc = -0,0144 * DAE + 2,2333$	1,03
14º	R1 a R6		1,08
15º	R1 a R6		1,13
16º	R1 a R6		1,11
17º	R1 a R6		1,04
18º	R1 a R6		0,97
19º	R7 a R8		0,89
20º	R7 a R8		0,82
21º	R7 a R8		0,75
22º	R7 a R8		0,68
23º	R7 a R8		0,61
24º	R7 a R8		0,53

O uso, apenas, do total de chuvas de cada período não é suficiente na caracterização do mesmo, por esse motivo, foram utilizados os cálculos para probabilidades de atendimento da demanda hídrica das culturas.

3.3. Probabilidade da precipitação suprir a necessidade hídrica das culturas de arroz de terras altas, milho e soja

A probabilidade da precipitação suprir a necessidade hídrica das culturas de arroz, milho e soja foi a adotada por Camargo, Arruda, Pedro Júnior, Brunini, Alfonsi (1988) com distribuição gama-reduzida, sendo baseada na possibilidade da precipitação atender a evapotranspiração da cultura.

A função de densidade é:

$$f(x) = \frac{e^{-x/y}}{y} \quad (8)$$

Onde X é a demanda hídrica ideal e y é a precipitação do período (mm).

A função de distribuição acumulada é:

$$F(x) = -(e^{-x/y} - 1) \quad (9)$$

A probabilidade de atendimento hídrico p(x) para a demanda por período é:

$$p(x) = 1 - F(x) \quad (10)$$

Utilizando as equações (9) e (10), foram obtidas as probabilidades da precipitação suprir a necessidade de água das culturas do arroz, milho e soja para todas as simulações de épocas de semeadura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Precipitações prováveis com probabilidade de 75% de ocorrência agrupadas em quinqüídios

Verifica-se que para os agrupamentos em quinqüídios, com probabilidade de ocorrência de 75%, a precipitação provável mínima é de 3,0 mm ocorre no primeiro quinqüídio de outubro e a máxima, 21,40 mm, no sexto quinqüídio de janeiro (Tabela 4). O valor da média das probabilidades de ocorrência da precipitação do período é de 8,59 mm. Uma alternativa de compreender a precipitação provável, para 75% de probabilidade de ocorrência, é considerar que para cada quatro anos, em três a precipitação será no mínimo o valor apresentado.

Tabela 4. Precipitação provável, com 75% de probabilidade de ocorrência, agrupadas em quinqüídios.

Período	Precipitação mm	Período	Precipitação mm	Período	Precipitação mm
01-05/out	3,00	01-05/dez	10,70	01-05/fev	9,63
06-10/out	5,00	06-10/dez	9,17	06-10/fev	9,00
11-15/out	4,34	11-15/dez	12,70	11-15/fev	7,15
16-20/out	5,30	16-20/dez	10,21	16-20/fev	10,00
21-25/out	5,57	21-25/dez	10,00	21-25/fev	13,69
26-31/out	7,65	26-31/dez	8,40	26-28/fev	8,70
01-05/nov	5,80	01-05/jan	10,67	01-05/mar	7,00
06-10/nov	3,67	06-10/jan	12,10	06-10/mar	18,20
11-15/nov	7,50	11-15/jan	9,10	11-15/mar	6,50
16-20/nov	9,87	16-20/jan	4,54	16-20/mar	5,84
21-25/nov	6,35	21-25/jan	6,98	21-25/mar	7,17
26-30/nov	9,00	26-31/jan	21,40	26-31/mar	7,41

4.2. Média da evaporação do tanque classe “A”, em quinqüídios, no período de 1978 a 2005

A evaporação do Tanque Classe “A”, teve valor mínimo de 26,38 mm ocorrendo no terceiro quinqüídio de fevereiro e máximo de 42,86 mm, no sexto quinqüídio de outubro (Tabela 5). O valor da média da evaporação do Tanque Classe “A”, foi de 32,73 mm.

Tabela 5. Média da Evaporação do Tanque Classe “A”, em quinqüídios.

Período	ECA mm	Período	ECA mm	Período	ECA mm
01-05/out	36,14	01-05/dez	33,93	01-05/fev	31,14
06-10/out	37,53	06-10/dez	32,35	06-10/fev	27,72
11-15/out	35,90	11-15/dez	31,37	11-15/fev	26,38
16-20/out	36,28	16-20/dez	35,09	16-20/fev	31,35
21-25/out	36,62	21-25/dez	32,02	21-25/fev	29,03
26-31/out	42,86	26-31/dez	38,14	26-28/fev	28,23
01-05/nov	36,28	01-05/jan	29,60	01-05/mar	29,12
06-10/nov	38,18	06-10/jan	27,76	06-10/mar	28,66
11-15/nov	36,17	11-15/jan	29,34	11-15/mar	28,17
16-20/nov	35,75	16-20/jan	30,92	16-20/mar	27,03
21-25/nov	38,96	21-25/jan	29,74	21-25/mar	26,81
26-30/nov	34,55	26-31/jan	36,49	26-31/mar	32,66

4.3. Demanda hídrica da cultura do arroz de terras altas

A evapotranspiração da cultura (ET_c) dos 15 quinqüídios de semeadura apresentaram, para as fases de desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas, respectivamente (Tabela 6), valores máximos e mínimos, entre parênteses, o desvio-padrão (dp), além do período de semeadura em que ocorreram, - fase vegetativa, 27,62 mm (dp=1,97 mm) com semeadura no segundo quinqüídio de outubro e 9,96 mm (dp=0,78 mm) com semeadura no terceiro quinqüídio de dezembro; fase reprodutiva 33,25 mm (dp=1,73 mm) com semeadura no quinto quinqüídio de outubro e 19,05 mm (dp=1,45 mm) com semeadura no quinto quinqüídio de novembro; fase de maturação, 25,64 mm (dp=2,11 mm) com semeadura no primeiro quinqüídio de outubro e 12,47 mm (dp=0,83 mm) com semeadura no sexto quinqüídio de outubro. Esta análise evidencia que os valores máximos de evapotranspiração da cultura ocorrem ao longo do mês de outubro para todas as fases de desenvolvimento. Outro dado importante é que os maiores valores de evapotranspiração, tanto máximos como mínimos, ocorrem na fase reprodutiva da cultura.

O valor do cálculo da média das evapotranspirações considerando todos os períodos de semeadura para a fase vegetativa é de 17,71 mm, fase reprodutiva 25,03 mm e fase de maturação 16,98 mm.

Com a análise individual das médias do ciclo da cultura para todos os períodos de semeadura (Tabela 6), verifica-se que à medida que a semeadura é mais tardia a evapotranspiração da cultura é menor em relação a semeaduras antecipadas, e que a evapotranspiração média da cultura na fase reprodutiva é maior que a evapotranspiração média da cultura durante todo seu ciclo, para todos os períodos de simulação de semeadura.

Observa-se, com esses resultados, que a maior exigência hídrica da cultura do arroz de terras altas encontra-se na fase reprodutiva, período em que deve coincidir com a maior disponibilidade hídrica para que a cultura não seja prejudicada e possa expressar todo o seu potencial de produção.

Com a possibilidade de semeadura entre o primeiro quinqüídio de outubro e o terceiro quinqüídio de dezembro, verifica-se que os valores da demanda hídrica estão consistentes, apresentando desvio-padrões que indicam baixa dispersão.

Tabela 6. Valores da Evapotranspiração da Cultura do Arroz de Terras Altas (mm) para 15 semeaduras, em quinquédios (Q), com médias para cada data de semeadura, fase reprodutiva (FR) e ciclo total.

Fases	Q	Períodos de Semeaduras														
		01-05	06-10	11-15	16-20	21-25	26-31	01-05	06-10	11-15	16-20	21-25	26-30	01-05	06-10	11-15
Fase Vegetativa	1º	11,47	11,91	11,40	11,51	11,62	13,60	11,52	12,12	11,48	11,35	12,37	10,97	10,77	10,27	9,96
	2º	13,54	12,96	13,09	13,21	15,47	13,09	13,78	13,05	12,90	14,06	12,47	12,25	11,68	11,32	12,66
	3º	14,52	14,67	14,81	17,33	14,67	15,44	14,63	14,46	15,76	13,97	13,72	13,08	12,69	14,19	12,95
	4º	16,25	16,40	19,20	16,25	17,10	16,20	16,01	17,45	15,47	15,20	14,49	14,05	15,72	14,34	17,08
	5º	17,99	21,06	17,83	18,76	17,77	17,57	19,15	16,98	16,68	15,90	15,42	17,24	15,73	18,74	14,54
	6º	22,93	19,41	20,42	19,34	19,12	20,84	18,48	18,15	17,30	16,78	18,77	17,13	20,40	15,83	14,85
	7º	20,99	22,08	20,92	20,68	22,54	19,98	19,63	18,71	18,15	20,30	18,52	22,06	17,12	16,06	16,97
	8º	23,74	22,49	22,23	24,23	21,49	21,10	20,12	19,51	21,82	19,91	23,72	18,41	17,26	18,25	19,23
	9º	24,06	23,78	25,92	22,99	22,58	21,53	20,87	23,35	21,31	25,38	19,69	18,47	19,53	20,58	19,79
	10º	25,34	27,62	24,49	24,06	22,93	22,24	24,88	22,70	27,04	20,98	19,68	20,80	21,92	21,08	25,87
Fase reprodutiva	11º	29,31	26,00	25,53	24,34	23,60	26,40	24,09	28,69	22,27	20,89	22,08	23,27	22,38	27,45	23,43
	12º	27,50	27,01	25,75	24,97	27,93	25,48	30,35	23,56	22,09	23,36	24,61	23,67	29,04	24,78	22,06
	13º	28,48	27,16	26,33	29,46	26,88	32,01	24,84	23,30	24,63	25,96	24,96	30,63	26,14	23,26	22,14
	14º	28,20	27,35	30,59	27,92	33,25	25,80	24,20	25,58	26,96	25,93	31,81	27,15	24,16	23,00	27,33
	15º	25,78	28,84	26,32	31,35	24,33	22,82	24,12	25,42	24,44	29,99	25,59	22,78	21,68	25,77	23,86
	16º	27,09	24,72	29,44	22,85	21,43	22,66	23,87	22,96	28,17	24,04	21,40	20,37	24,21	22,41	21,79
	17º	23,12	27,54	21,38	20,05	21,19	22,33	21,48	26,35	22,49	20,02	19,05	22,64	20,96	20,39	21,03
Fase de maturação	18º	25,64	19,90	18,66	19,73	20,79	19,99	24,53	20,93	18,63	17,74	21,08	19,51	18,98	19,57	19,27
	19º	18,42	17,28	18,26	19,25	18,51	22,71	19,38	17,25	16,42	19,51	18,07	17,57	18,12	17,84	17,53
	20º	15,89	16,80	17,71	17,03	20,89	17,83	15,87	15,10	17,95	16,62	16,16	16,67	16,41	16,13	15,48
	21º	15,34	16,16	15,54	19,07	16,27	14,49	13,79	16,39	15,17	14,76	15,22	14,98	14,72	14,13	14,02
	22º	14,62	14,06	17,25	14,72	13,10	12,47	14,82	13,72	13,35	13,77	13,55	13,32	12,78	12,68	15,44
Média FR		27,07	26,94	26,48	25,85	25,52	25,36	24,71	25,12	24,44	24,31	24,22	24,36	24,08	23,87	23,09
Média Ciclo		21,38	21,15	21,05	20,87	20,61	20,30	20,02	19,81	19,57	19,38	19,20	18,96	18,75	18,55	18,51

4.4. Probabilidade de atendimento hídrico da cultura de arroz de terras altas (%), com semeadura em quinquídios, para precipitações com probabilidades de ocorrência de 75%

As probabilidades de atendimento hídrico dos 15 quinquídios de semeadura, para precipitação provável de 75% (Tabela 7), apresentaram para as fases de desenvolvimento da cultura, valores máximos e mínimos, entre parênteses, o desvio-padrão (dp), além do período de semeadura em que ocorreram, - fase vegetativa, 45,66% (dp=12,14%) com semeadura no terceiro quinquídio de dezembro e 0,16% (dp=2,26%) com semeadura no primeiro quinquídio de outubro; fase reprodutiva, 29,19% (dp=6,02%) com semeadura no segundo quinquídio de novembro e 0,26% (dp=1,61%) com semeadura no terceiro quinquídio de novembro; fase de maturação, 47,49% (dp=6,64%) com semeadura no quinto quinquídio de novembro e 1,03% (dp=3,91%) com semeadura no quinto quinquídio de outubro. Esta análise evidencia que os valores máximos de atendimento hídrico da cultura ocorrem entre o mês de novembro e de dezembro para todas as fases de desenvolvimento; os valores mínimos de atendimento acontecem principalmente no mês de outubro. Também é possível observar que os menores valores de atendimento hídrico ocorrem na fase reprodutiva da cultura.

O valor do cálculo da média das probabilidades de atendimento hídrico considerando todos os períodos de semeadura para a fase vegetativa é de 13,82%, fase reprodutiva 8,91% e fase de maturação 17,65%.

Com a análise individual de cada época de semeadura (Tabela 7), verifica-se que do primeiro quinquídio de outubro até o sexto quinquídio de novembro ocorre aumento médio da probabilidade de atendimento hídrico à medida que a semeadura é mais tardia, com certa estabilização nesse atendimento em dezembro, sendo essa consideração válida para o ciclo total da cultura. Dentro dessas condições é possível avaliar que a partir do terceiro quinquídio de

novembro ocorrem as maiores probabilidades de atendimento hídrico para a cultura do arroz de terras altas com valores acima de 13,71%. No entanto, quando essa análise individual leva em conta apenas a fase reprodutiva que se trata da mais exigente em água pela cultura, nota-se baixos valores de atendimento hídrico, sendo o maior valor ocorrido de 11,94% na simulação de semeadura para o segundo quinqüídio de dezembro.

Observa-se pelos resultados que as melhores épocas de semeadura para a cultura do arroz de terras altas, na região de Ilha Solteira-SP, ocorrem no primeiro e segundo quinqüídio de dezembro, por propiciar os maiores valores de atendimento na fase reprodutiva 11,23 e 11,94%, e durante o ciclo total da cultura 16,75 e 16,51%, respectivamente. Essa constatação também é evidenciada no zoneamento agroclimático da Embrapa Arroz e Feijão para o Município de Selvíria-MS, que mostra período favorável a semeadura do arroz de primeiro de outubro a vinte de dezembro, no entanto, não detalha qual a melhor época dentro desse período.

Com a possibilidade de semeadura entre o primeiro quinqüídio de outubro e o terceiro quinqüídio de dezembro, verifica-se que as probabilidades médias de atendimento hídrico são baixas, sendo necessário o uso de irrigação. Em experimento realizado no Município de Selvíria-MS, isso foi confirmado através do aumento do Kc nas lâminas de irrigação que culminou com aumento linear na produção do arroz (CRUSCIOL, ARF, SORATTO, RODRIGUES, MACHADO, 2003). Para recomendação do uso de água através da irrigação é necessário verificar a viabilidade econômica da prática.

Tabela 7. Probabilidade de Atendimento Hídrico (%), para semeadura do arroz de terras altas em quinqüídios (Q), para precipitação provável de 75%, com médias para cada data de semeadura, fase reprodutiva (FR) e ciclo total.

Fases	Q	Períodos de Semeaduras														
		01-05 out.	06-10 out.	11-15 out.	16-20 out.	21-25 out.	26-31 out.	01-05 nov.	06-10 nov.	11-15 nov.	16-20 nov.	21-25 nov.	26-30 nov.	01-05 dez.	06-10 dez.	11-15 dez.
Fase vegetativa	1º	2,18	9,23	7,24	11,39	12,41	16,89	13,73	3,68	21,64	31,68	14,26	29,57	36,55	32,63	45,66
	2º	6,66	5,05	8,46	9,33	13,24	10,46	2,34	17,55	27,06	10,92	25,02	31,84	27,99	41,00	28,93
	3º	3,52	6,28	7,01	10,37	7,97	1,49	14,23	23,12	8,36	21,17	27,73	24,01	36,83	24,91	27,39
	4º	4,66	5,26	8,13	6,07	0,95	11,53	19,75	6,40	17,92	24,16	20,59	33,07	21,45	23,83	13,09
	5º	3,95	6,37	4,62	0,60	9,35	16,87	4,90	15,16	21,05	17,66	29,71	18,47	20,73	10,74	25,59
	6º	4,99	3,52	0,38	7,58	14,41	3,76	12,83	18,33	15,15	26,68	15,91	18,04	8,82	22,68	29,31
	7º	2,68	0,24	6,15	12,31	2,88	10,86	15,97	13,00	23,96	13,70	15,69	7,24	20,10	26,53	15,49
	8º	0,16	4,98	10,52	2,20	9,19	13,91	11,15	21,52	11,80	13,65	5,94	17,82	24,01	13,46	1,45
	9º	4,04	8,98	1,69	7,77	12,12	9,56	19,33	10,16	11,88	4,88	15,79	21,73	11,70	1,08	5,87
	10º	7,67	1,29	6,58	10,56	8,20	17,36	8,75	10,33	4,00	14,00	19,67	10,17	0,80	4,88	29,86
Fase reprodutiva	11º	0,99	5,57	9,20	7,03	15,59	7,53	8,99	3,28	12,40	17,80	8,84	0,59	4,05	27,72	8,78
	12º	4,71	8,01	6,03	14,00	6,49	7,82	2,70	10,99	16,11	7,68	0,44	3,37	25,74	7,63	8,62
	13º	6,98	5,17	12,57	5,59	6,80	2,21	9,74	14,58	6,67	0,33	2,80	23,90	6,63	7,54	4,52
	14º	4,62	11,61	5,00	6,13	1,91	8,91	13,53	6,01	0,26	2,44	22,62	5,97	6,82	4,01	6,50
	15º	13,13	5,93	7,19	2,40	10,23	15,17	7,06	0,37	3,01	24,63	7,01	7,96	4,82	7,60	17,51
	16º	7,04	8,44	3,00	11,75	17,01	8,29	0,52	3,73	26,81	8,24	9,28	5,79	8,89	19,46	8,17
	17º	9,90	3,77	13,49	19,08	9,74	0,73	4,61	29,19	9,68	10,82	6,96	10,39	21,63	9,60	4,96
	18º	4,72	15,49	21,39	11,44	1,03	5,70	31,78	11,37	12,61	8,37	12,15	24,04	11,29	6,10	34,69
Fase de maturação	19º	17,79	23,98	13,44	1,44	7,05	34,60	13,36	14,71	10,06	14,21	26,72	13,27	7,51	37,52	6,74
	20º	26,89	15,78	2,02	8,72	37,67	15,70	17,15	12,09	16,61	29,70	15,60	9,24	40,59	8,37	7,06
	21º	18,54	2,84	10,78	41,02	18,45	20,00	14,54	19,42	33,02	18,34	11,37	43,91	10,38	8,90	14,16
	22º	3,99	13,34	44,66	21,68	23,32	17,48	22,71	36,70	21,56	13,99	47,49	12,89	11,21	17,06	12,44
Média FR		6,77	6,93	8,07	9,42	9,68	7,24	6,74	9,74	10,71	10,28	8,28	8,28	11,23	11,94	8,44
Média Ciclo		7,27	7,78	9,52	10,38	11,18	11,67	12,26	13,71	15,07	15,23	16,44	16,97	16,75	16,51	16,22

4.5. Demanda hídrica da cultura do milho

A evapotranspiração da cultura (ET_c) dos 15 quinquênios de semeadura apresentaram (Tabela 8), para os estádios de desenvolvimento da cultura do milho, respectivamente, valores máximos e mínimos, entre parênteses, o desvio-padrão (dp), além do período de semeadura em que ocorreram, - estádios 0 a 3, 27,01 mm ($dp=1,88$ mm) com semeadura no terceiro quinquênio de outubro e 12,24 mm ($dp=0,85$ mm) com semeadura no terceiro quinquênio de dezembro; estádios 4 a 6, 33,66 mm ($dp=1,74$ mm) com semeadura no quinto quinquênio de outubro e 20,29 mm ($dp=1,82$ mm) com semeadura no quinto quinquênio de novembro; estádios 7 a 10, 29,86 mm ($dp=2,61$ mm) com semeadura no segundo quinquênio de outubro e 12,35 mm ($dp=0,76$ mm) com semeadura no quarto quinquênio de outubro. Pela análise evidencia-se que os valores máximos de evapotranspiração da cultura ocorrem com a semeadura ao longo do mês de outubro para todos os estádios de desenvolvimento, sendo que os valores extremos de evapotranspiração tanto máximos como mínimos ocorrem entre os estádios 4 a 6 da cultura.

O valor do cálculo da média das evapotranspirações considerando todos os períodos de semeadura para os estádios 0 a 3 é de 18,85 mm, estádios 4 a 6 é de 26,01 mm e estádios 7 a 10 é de 18,58 mm.

Com a análise individual de cada época de semeadura (Tabela 8), verifica-se que à medida que a semeadura é mais tardia a evapotranspiração da cultura é menor em relação a semeaduras antecipadas, e que a evapotranspiração média da cultura entre os estádios 4 a 6 é maior que a evapotranspiração média da cultura durante todo seu ciclo, para todos os períodos de simulação de semeadura.

Observa-se através desses resultados que a maior exigência hídrica da cultura do milho encontra-se entre os estádios 4 a 6, período em que deve coincidir com o maior atendimento

hídrico para que a cultura não seja prejudicada e possa expressar todo o seu potencial de produção.

Com a possibilidade de semeadura entre o primeiro quinqüídio de outubro e o terceiro quinqüídio de dezembro, verifica-se que os valores da demanda hídrica estão consistentes, apresentando desvio-padrões que indicam baixa dispersão.

Tabela 8. Valores da Evapotranspiração da Cultura do Milho (mm) para 15 sementeiras, em quinquênios (Q), com médias para cada data de sementeira, dos estádios 4 a 6 (E.4-6) e do ciclo total.

Estádios	Q	Períodos de Sementeiras														
		01-05 out.	06-10 out.	11-15 out.	16-20 out.	21-25 out.	26-31 out.	01-05 nov.	06-10 nov.	11-15 nov.	16-20 nov.	21-25 nov.	26-30 nov.	01-05 dez.	06-10 dez.	11-15 dez.
Estádios 0 a 3	1º	14,10	14,64	14,01	14,15	14,29	16,72	14,16	14,89	14,11	13,95	15,20	13,48	13,24	12,62	12,24
	2º	16,06	15,37	15,53	15,67	18,35	15,53	16,34	15,48	15,30	16,68	14,79	14,52	13,85	13,43	15,02
	3º	16,73	16,90	17,06	19,97	16,90	17,79	16,85	16,65	18,15	16,10	15,81	15,07	14,62	16,35	14,92
	4º	18,28	18,45	21,59	18,28	19,23	18,22	18,01	19,63	17,41	17,10	16,30	15,80	17,68	16,13	19,21
	5º	19,83	23,22	19,65	20,68	19,59	19,36	21,10	18,71	18,38	17,52	16,99	19,01	17,34	20,66	16,03
	6º	24,84	21,03	22,12	20,96	20,72	22,58	20,02	19,67	18,75	18,18	20,34	18,56	22,10	17,15	16,09
	7º	22,40	23,57	22,33	22,07	24,05	21,33	20,95	19,97	19,37	21,67	19,77	23,55	18,27	17,14	18,12
	8º	25,02	23,70	23,42	25,53	22,64	22,24	21,20	20,56	22,99	20,98	24,99	19,39	18,19	19,23	20,26
	9º	25,07	24,78	27,01	23,95	23,52	22,42	21,75	24,32	22,19	26,43	20,52	19,24	20,34	21,43	20,62
Estádios 4 a 6	10º	26,13	28,48	25,26	24,81	23,65	22,93	25,65	23,41	27,88	21,64	20,29	21,45	22,61	21,74	26,67
	11º	29,96	26,57	26,09	24,88	24,12	26,98	24,62	29,32	22,76	21,34	22,56	23,78	22,87	28,05	23,94
	12º	27,87	27,38	26,10	25,31	28,31	25,83	30,77	23,88	22,39	23,67	24,95	23,99	29,44	25,12	22,36
	13º	28,66	27,33	26,50	29,64	27,05	32,21	25,00	23,45	24,79	26,12	25,12	30,82	26,30	23,41	22,28
	14º	28,55	27,69	30,97	28,26	33,66	26,12	24,50	25,90	27,29	26,25	32,20	27,48	24,46	23,28	27,67
	15º	27,39	30,64	27,95	33,29	25,84	24,23	25,62	27,00	25,96	31,85	27,18	24,20	23,03	27,37	25,34
	16º	29,06	26,51	31,58	24,51	22,98	24,30	25,60	24,63	30,21	25,78	22,95	21,84	25,96	24,03	23,37
Estádios 7 a 10	17º	25,07	29,86	23,18	21,73	22,98	24,21	23,29	28,57	24,38	21,70	20,66	24,55	22,73	22,10	22,80
	18º	28,15	21,84	20,49	21,66	22,82	21,95	26,93	22,98	20,45	19,47	23,14	21,42	20,83	21,49	21,15
	19º	20,51	19,24	20,34	21,43	20,61	25,29	21,58	19,21	18,28	21,73	20,11	19,56	20,18	19,86	19,52
	20º	17,99	19,02	20,04	19,27	23,64	20,18	17,96	17,09	20,32	18,81	18,29	18,87	18,57	18,25	17,52
	21º	17,69	18,65	17,93	22,00	18,78	16,71	15,91	18,91	17,50	17,02	17,56	17,28	16,98	16,30	16,17
	22º	17,26	16,60	20,36	17,37	15,47	14,72	17,49	16,20	15,75	16,25	15,99	15,72	15,08	14,96	18,23
	23º	15,26	18,72	15,97	14,22	13,53	16,08	14,89	14,48	14,94	14,70	14,45	13,87	13,76	16,76	13,97
Média E.4-6 Média Ciclo	24º	17,08	14,57	12,97	12,35	14,67	13,58	13,21	13,63	13,41	13,18	12,65	12,55	15,29	12,75	13,52
		28,23	27,80	27,78	27,24	26,52	26,09	25,97	25,37	25,90	25,24	25,04	24,79	24,95	24,72	24,52
		22,46	22,28	22,02	21,75	21,56	21,31	20,97	20,77	20,54	20,34	20,12	19,83	19,74	19,57	19,46

4.6. Probabilidade de atendimento hídrico da cultura do milho (%), com semeadura em quinquênios, para precipitações com probabilidades de ocorrência de 75%

As probabilidades de atendimento hídrico dos 15 quinquênios de semeadura, para precipitação provável de 75% (Tabela 9), apresentaram para os diversos estádios de desenvolvimento da cultura, valores máximos e mínimos, entre parênteses, o desvio-padrão (dp), além do período de semeadura em que ocorreram, - estádios 0 a 3, 38,15% (dp=10,41%) com semeadura no terceiro quinquênio de dezembro e 0,11% (dp=2,53%) com semeadura no primeiro quinquênio de outubro; estádios 4 a 6, 28,75% (dp=6,18%) com semeadura no terceiro quinquênio de dezembro e 0,25% (dp=1,32%) com semeadura no terceiro quinquênio de novembro; estádios 7 a 10, 47,85% (dp=5,26%) com semeadura no terceiro quinquênio de novembro e 0,48% (dp=2,80%) com semeadura no sexto quinquênio de outubro. Esta análise evidencia que os valores máximos de atendimento hídrico da cultura ocorrem entre meados do mês de novembro e dezembro para todas os estádios de desenvolvimento; os valores mínimos de atendimento acontecem durante o mês de outubro e início do mês de novembro, com os menores valores de atendimento hídrico ocorrendo entre os estádios 4 a 6 da cultura.

O valor do cálculo da média das probabilidades de atendimento hídrico considerando todos os períodos de semeadura para os estádios 0 a 3 é de 11,63%, estádios 4 a 6 é de 8,23% e estádios 7 a 10 é de 15,29%.

Com a análise individual de cada época de semeadura (Tabela 9), verifica-se que do primeiro quinquênio de outubro até o terceiro quinquênio de novembro ocorre aumento médio da probabilidade de atendimento hídrico à medida que a semeadura é mais tardia, com certa estabilização nesse atendimento após esta data, sendo essa consideração válida para o ciclo total da cultura. Dentro dessas condições é possível avaliar que a partir do terceiro quinquênio de

novembro ocorrem as maiores probabilidades de atendimento hídrico para a cultura do milho com valores ao redor de 14,10%. No entanto, quando essa análise individual leva em conta apenas os estádios 4 a 6 que se trata dos mais exigentes em água pela cultura, nota-se baixos valores de atendimento hídrico, sendo os maiores ocorridos nas simulações de semeadura do segundo e terceiro quinqüênio de dezembro com valores de 10,54% e 11,24%, respectivamente.

Observa-se com esses resultados que a melhor época de semeadura para a cultura do milho na região de Ilha Solteira-SP ocorre entre o segundo e terceiro quinqüênios de dezembro, no entanto, semeaduras entre o terceiro e o quinto quinqüênios de novembro também apresentam atendimentos próximos aos que ocorrem em dezembro, sendo possível semear nessas épocas. Alfonsi, Victoria Filho, Sentelhas, (1997) estudando seis localidades do Estado de São Paulo, produtoras de milho, verificaram que nas semeaduras de setembro, os valores de atendimento hídrico são menores que os apresentados para as semeaduras de outubro, novembro e dezembro.

Com a possibilidade de semeadura entre o primeiro quinqüênio de outubro e o terceiro quinqüênio de dezembro, verifica-se que as probabilidades médias de atendimento hídrico são baixas sendo necessário o uso de irrigação. Alfonsi, Pezzopane, Moraes, Victoria Filho, (1997) em Votuporanga-SP, observaram que os valores relativos às porcentagens das probabilidades de atendimento hídrico, para três cultivares milho, apresentam um acréscimo a partir das semeaduras de setembro, atingindo valores máximos para as semeaduras de outubro a novembro, com um decréscimo acentuado das mesmas de dezembro a março. Os valores das probabilidades de suprimento hídrico foram baseados nas probabilidades das ocorrências da precipitação serem maiores ou iguais à evapotranspiração máxima da cultura. Para os três tipos de cultivares estudados, nas semeaduras realizadas durante os meses de outubro e novembro, os valores de probabilidades de atendimento hídrico nos estádios críticos de desenvolvimento ficaram entre 60 e 80%. Os valores de atendimento elevados são devido ao método utilizado pelos autores na

determinação da evapotranspiração máxima da cultura através da equação de THORNTHWAITE (1948), além da consideração da capacidade de armazenamento do solo.

Tabela 9. Probabilidade de Atendimento Hídrico (%), para semeadura do milho em quinqüídios (Q), para precipitação provável de 75%, com médias para cada data de semeadura, dos estádios 4 a 6 (E.4-6) e do ciclo total.

Estádios	Q	Períodos de Semeaduras															
		01-05	06-10	11-15	16-20	21-25	26-31	01-05	nov.	06-10	nov.	11-15	nov.	16-20	nov.	21-25	nov.
Estádios 0 a 3	1°	0,91	5,35	3,97	6,92	7,69	11,24	8,71	1,73	15,24	24,34	9,13	22,36	29,02	25,25	38,15	dez.
	2°	4,02	2,90	5,34	6,00	9,09	6,87	1,17	12,69	21,22	7,24	19,34	25,73	22,09	34,74	22,97	dez.
	3°	2,12	4,12	4,68	7,35	5,42	0,79	10,58	18,50	5,73	16,72	22,82	19,33	31,64	20,16	22,50	dez.
	4°	3,18	3,65	5,94	4,28	0,53	8,81	16,13	4,55	14,46	20,24	16,91	28,81	17,70	19,93	10,15	dez.
	5°	2,84	4,81	3,38	0,36	7,34	14,06	3,60	12,50	17,95	14,79	26,24	15,54	17,65	8,55	22,26	dez.
	6°	3,89	2,66	0,24	6,11	12,26	2,86	10,81	15,91	12,94	23,89	13,64	15,64	7,20	20,04	26,46	dez.
	7°	2,10	0,16	5,09	10,69	2,26	9,35	14,11	11,32	21,76	11,98	13,85	6,06	18,04	24,26	13,66	dez.
	8°	0,11	4,24	9,32	1,79	8,08	12,52	9,91	19,82	10,52	12,27	5,10	16,24	22,24	12,09	1,15	dez.
	9°	3,54	8,12	1,42	6,99	11,10	8,67	18,05	9,23	10,87	4,30	14,62	20,39	10,70	0,89	5,22	dez.
	10°	7,08	1,13	6,04	9,84	7,58	16,43	8,11	9,63	3,62	13,16	18,69	9,47	0,69	4,44	28,75	dez.
Estádios 4 a 6	11°	0,89	5,22	8,73	6,64	14,97	7,12	8,53	3,05	11,85	17,14	8,38	0,53	3,78	26,96	8,32	dez.
	12°	4,52	7,74	5,81	13,63	6,25	7,55	2,57	10,67	15,71	7,42	0,41	3,21	25,27	7,36	8,34	dez.
	13°	6,86	5,08	12,41	5,49	6,69	2,16	9,60	14,40	6,56	0,32	2,74	23,69	6,51	7,42	4,43	dez.
	14°	4,44	11,30	4,82	5,93	1,82	8,65	13,20	5,81	0,25	2,33	22,21	5,76	6,60	3,85	6,29	dez.
	15°	11,57	4,98	6,11	1,90	8,88	13,50	5,99	0,26	2,42	22,57	5,94	6,80	3,99	6,48	15,71	dez.
	16°	5,81	7,06	2,33	10,06	14,96	6,92	0,36	2,94	24,37	6,88	7,81	4,71	7,46	17,28	6,81	dez.
	17°	8,15	2,86	11,39	16,59	8,01	0,48	3,56	26,32	7,95	8,97	5,56	8,59	19,01	7,88	3,85	dez.
Estádios 7 a 10	18°	3,51	12,91	18,40	9,26	0,66	4,31	28,41	9,20	10,30	6,57	9,89	20,91	9,12	4,64	31,28	dez.
	19°	14,63	20,40	10,70	0,89	5,22	30,68	10,64	11,83	7,76	11,39	23,01	10,55	5,60	33,58	4,96	dez.
	20°	22,61	12,37	1,21	6,32	33,13	12,30	13,59	9,16	13,11	25,31	12,21	6,75	36,04	6,03	4,98	dez.
	21°	14,31	1,65	7,66	35,77	14,23	15,61	10,81	15,10	27,85	14,13	8,14	38,69	7,33	6,13	10,49	dez.
	22°	2,24	9,28	38,62	16,46	17,94	12,76	17,39	30,63	16,36	9,82	41,53	8,91	7,55	12,41	8,55	dez.
	23°	11,24	41,70	19,04	20,60	15,07	20,02	33,70	18,93	11,84	44,58	10,83	9,30	14,68	10,42	11,69	dez.
	24°	45,03	22,02	23,66	17,79	23,06	37,07	21,90	14,28	47,85	13,16	11,46	17,37	12,71	14,11	5,91	dez.
Média E.4-6		5,88	6,07	6,61	7,64	8,74	8,90	6,91	6,68	9,25	9,97	9,45	7,74	7,76	10,54	11,24	dez.
Média Ciclo		7,73	8,40	9,01	9,49	10,09	11,28	11,73	12,02	14,10	14,15	13,77	14,39	14,28	13,95	13,45	dez.

4.7. Demanda hídrica da cultura da soja

A evapotranspiração da cultura (ET_c) dos 15 quinqüídios de semeadura apresentaram (Tabela 10), para os estádios de desenvolvimento da cultura da soja, respectivamente, valores máximos e mínimos, entre parênteses, o desvio-padrão (dp), além do período de semeadura em que ocorreram, - estádios VE a Vn, 24,04 mm ($dp=1,88$ mm) com semeadura no primeiro quinqüídio de outubro e 9,89 mm ($dp=0,74$ mm) com semeadura no terceiro quinqüídio de dezembro; estádios R1 a R6, 32,24 mm ($dp=2,09$ mm) com semeadura no quarto quinqüídio de outubro e 19,11 mm ($dp=1,36$ mm) com semeadura no quarto quinqüídio de novembro; estádios R7 a R8, 24,47 mm ($dp=1,61$ mm) com semeadura no sexto quinqüídio de outubro e 10,57 mm ($dp=0,77$ mm) com semeadura no quarto quinqüídio de outubro. Esta análise evidencia que os valores máximos de evapotranspiração da cultura ocorrem durante o mês de outubro para todos os estádios de desenvolvimento. Outro detalhe importante é que os maiores valores de evapotranspiração tanto máximos como mínimos ocorrem entre os estádios R1 a R6 da cultura.

O valor do cálculo da média das evapotranspirações considerando todos os períodos de semeadura para os estádios VE a Vn é de 17,31 mm, estádios R1 a R6 é de 24,36 mm e estádios R7 a R8 é de 15,76 mm.

Com a análise individual da época de semeadura (Tabela 10), verifica-se que quando a semeadura é tardia a evapotranspiração da cultura é menor em relação a semeaduras antecipadas, e que a evapotranspiração média da cultura nos estádios R1 a R6 é maior que a evapotranspiração média da cultura durante todo seu ciclo, para todos os períodos de simulação de semeadura.

Observa-se com esses resultados que a maior exigência hídrica da cultura da soja encontra-se entre os estádios R1 a R6, período em que deve coincidir com o maior atendimento

hídrico para que a cultura não seja prejudicada, de maneira a expressar todo o seu potencial de produção.

Com a possibilidade de semeadura entre o primeiro quinqüídio de outubro e o terceiro quinqüídio de dezembro, verifica-se que os valores da demanda hídrica estão consistentes, apresentando desvio-padrões que indicam baixa dispersão.

Tabela 10. Valores da Evapotranspiração da Cultura da Soja (mm) para 15 semeaduras, em quinquédios (Q), com médias para cada data de semeadura, dos estádios R1 a R6 (R1-R6) e do ciclo total.

Estádios	Q	Períodos de Semeaduras														
		01-05 out.	06-10 out.	11-15 out.	16-20 out.	21-25 out.	26-31 out.	01-05 nov.	06-10 nov.	11-15 nov.	16-20 nov.	21-25 nov.	26-30 nov.	01-05 dez.	06-10 dez.	11-15 dez.
VE a Vn	1º	11,39	11,83	11,31	11,43	11,54	13,51	11,43	12,03	11,40	11,27	12,28	10,89	10,69	10,20	9,89
	2º	13,25	12,67	12,81	12,93	15,13	12,81	13,48	12,77	12,62	13,75	12,20	11,98	11,42	11,07	12,39
	3º	14,03	14,18	14,31	16,76	14,18	14,92	14,14	13,97	15,23	13,51	13,26	12,65	12,26	13,72	12,52
	4º	15,56	15,70	18,38	15,56	16,37	15,51	15,33	16,71	14,81	14,55	13,87	13,45	15,05	13,73	16,35
	5º	17,09	20,00	16,93	17,81	16,88	16,68	18,18	16,12	15,84	15,10	14,64	16,38	14,94	17,80	13,81
	6º	21,63	18,31	19,26	18,25	18,03	19,66	17,43	17,12	16,32	15,83	17,70	16,15	19,24	14,93	14,00
	7º	19,68	20,71	19,62	19,39	21,13	18,74	18,41	17,55	17,02	19,03	17,37	20,69	16,05	15,06	15,92
	8º	22,15	20,99	20,74	22,61	20,05	19,69	18,77	18,20	20,36	18,58	22,13	17,18	16,11	17,03	17,94
	9º	22,36	22,10	24,08	21,36	20,98	20,00	19,39	21,69	19,79	23,57	18,30	17,16	18,14	19,12	18,38
	10º	23,45	25,56	22,67	22,26	21,22	20,58	23,02	21,01	25,02	19,42	18,21	19,25	20,29	19,51	23,94
	11º	27,04	23,97	23,55	22,45	21,77	24,35	22,22	26,46	20,54	19,26	20,36	21,46	20,64	25,32	21,61
R1 a R6	12º	25,28	24,83	23,67	22,96	25,68	23,43	27,91	21,66	20,31	21,47	22,63	21,76	26,70	22,79	20,28
	13º	26,12	24,90	24,14	27,01	24,64	29,35	22,78	21,36	22,59	23,80	22,89	28,08	23,97	21,33	20,30
	14º	26,12	25,33	28,34	25,86	30,80	23,90	22,42	23,70	24,97	24,02	29,46	25,14	22,38	21,30	25,32
	15º	26,52	29,67	27,07	32,24	25,02	23,47	24,81	26,14	25,14	30,85	26,32	23,43	22,30	26,50	24,54
	16º	29,22	26,66	31,75	24,64	23,11	24,43	25,75	24,76	30,38	25,92	23,08	21,96	26,10	24,17	23,50
	17º	24,93	29,69	23,04	21,61	22,85	24,08	23,16	28,41	24,24	21,58	20,54	24,41	22,60	21,98	22,67
	18º	27,63	21,45	20,11	21,26	22,41	21,55	26,44	22,56	20,08	19,11	22,72	21,03	20,45	21,10	20,77
	19º	19,85	18,61	19,68	20,74	19,94	24,47	20,88	18,59	17,69	21,02	19,46	18,93	19,52	19,22	18,89
R7 a R8	20º	17,12	18,09	19,07	18,34	22,50	19,20	17,09	16,27	19,33	17,90	17,41	17,95	17,67	17,37	16,67
	21º	16,51	17,40	16,73	20,53	17,52	15,59	14,84	17,64	16,33	15,88	16,38	16,12	15,85	15,21	15,09
	22º	15,73	15,13	18,56	15,84	14,10	13,42	15,94	14,76	14,36	14,81	14,58	14,32	13,75	13,64	16,61
	23º	13,52	16,59	14,15	12,60	11,99	14,25	13,19	12,83	13,24	13,03	12,80	12,29	12,19	14,85	12,38
	24º	14,62	12,47	11,10	10,57	12,56	11,63	11,31	11,66	11,48	11,28	10,83	10,74	13,08	10,91	11,57
	Média R1-R6	26,55	26,08	25,45	25,08	24,93	24,32	24,75	24,08	23,96	23,82	23,95	23,69	23,50	22,74	22,48
Média Ciclo		20,45	20,28	20,05	19,79	19,60	19,38	19,10	18,92	18,71	18,52	18,31	18,06	17,98	17,83	17,72

4.8. Probabilidade de atendimento hídrico da cultura da soja (%), com semeadura em quinquídios, para precipitações com probabilidades de ocorrência de 75%

As probabilidades de atendimento hídrico dos 15 quinquídios de semeadura, para precipitação provável de 75% (Tabela 11), apresentaram para os diversos estádios de desenvolvimento da cultura, valores máximos e mínimos, entre parênteses, o desvio-padrão (dp), além do período de semeadura em que ocorreram, - estádios VE a Vn, 45,91% (dp=11,66%) com semeadura no terceiro quinquídio de dezembro e 0,24% (dp=2,19%) com semeadura no primeiro quinquídio de outubro; estádios R1 a R6, 31,95% (dp=6,53%) com semeadura no terceiro quinquídio de dezembro e 0,32% (dp=1,76%) com semeadura no segundo quinquídio de novembro; estádios R7 a R8, 53,21% (dp=9,12%) com semeadura no terceiro quinquídio de novembro e 1,04% (dp=3,95%) com semeadura no quarto quinquídio de outubro. Esta análise evidencia que os valores máximos de atendimento hídrico da cultura ocorrem entre meados do mês de novembro e meados do mês de dezembro para todos os estádios de desenvolvimento; os valores mínimos de atendimento acontecem durante o mês de outubro e início do mês de novembro. Outro apontamento importante é que os menores valores de atendimento hídrico ocorrem entre os estádios R1 a R6 da cultura.

O valor do cálculo da média das probabilidades de atendimento hídrico considerando todos os períodos de semeadura para os estádios VE a Vn é de 14,64%, estádios R1 a R6 é de 9,53% e estádios R7a R8 é de 19,34%.

Com a análise individual de cada época de semeadura (Tabela 11), verifica-se que do primeiro quinquídio de outubro até o sexto quinquídio de novembro ocorre aumento médio da probabilidade de atendimento hídrico à medida que a semeadura é mais tardia, com estabilização do valor do atendimento após esta data, consideração válida para o ciclo total da cultura. Dentro

dessas condições é possível avaliar que a partir do terceiro quinqüídio de novembro ocorrem as maiores probabilidades de atendimento hídrico para a cultura da soja com valores ao redor de 16,87%. No entanto, quando essa análise individual leva em conta apenas os estádios R1 a R6, os mais exigentes em água pela cultura, nota-se baixos valores de atendimento hídrico, sendo os maiores ocorridos nas simulações de semeadura do primeiro ao terceiro e o sexto quinqüídio de novembro, além do primeiro e terceiro quinqüídio de dezembro.

Observa-se com esses resultados que as melhores épocas de semeadura para a cultura da soja na região de Ilha Solteira-SP, ocorrem no mês de novembro com exceção do quarto e quinto quinqüídios. No primeiro e terceiro quinqüídio de dezembro também existem boas condições, no entanto, para semeaduras nesse período deve-se conhecer o cultivar a ser implantado, para que tenha período juvenil longo e não sofra com a influência do fotoperíodo.

Com a possibilidade de semeadura entre o primeiro quinqüídio de outubro e o terceiro quinqüídio de dezembro, verifica-se que as probabilidades médias de atendimento hídrico são baixas, sendo necessário o uso de irrigação. Para essa recomendação é necessário verificar a viabilidade econômica dessa prática.

Tabela 11. Probabilidade de Atendimento Hídrico (%), para semeadura da soja em quinqüídios (Q), para precipitação provável de 75%, com médias para cada data de semeadura, dos estádios R1 a R6 (R1-R6) e do ciclo total.

Estádios	Q	Períodos de Semeaduras															
		01-05	06-10	11-15	16-20	21-25	26-31	01-05	06-10	11-15	16-20	21-25	26-30	01-05	06-10	11-15	
		out.	out.	out.	out.	out.	out.	nov.	nov.	nov.	nov.	nov.	nov.	dez.	dez.	dez.	
VE a Vn	1º	2,24	9,39	7,38	11,56	12,60	17,10	13,93	3,77	21,88	31,94	14,46	29,82	36,81	32,89	45,91	
	2º	7,07	5,39	8,92	9,82	13,83	10,99	2,54	18,23	27,85	11,46	25,79	32,64	28,78	41,81	29,72	
	3º	3,94	6,89	7,66	11,19	8,67	1,71	15,18	24,28	9,09	22,30	28,95	25,18	38,08	26,09	28,60	
	4º	5,31	5,97	9,05	6,84	1,16	12,65	21,16	7,20	19,28	25,67	22,03	34,67	22,91	25,34	14,27	
	5º	4,65	7,32	5,40	0,78	10,54	18,45	5,71	16,67	22,77	19,28	31,58	20,11	22,44	12,02	27,40	
	6º	5,92	4,26	0,53	8,78	16,09	4,52	14,42	20,19	16,86	28,76	17,66	19,88	10,12	24,67	31,43	
	7º	3,36	0,35	7,31	14,02	3,59	12,47	17,90	14,75	26,19	15,50	17,61	8,52	22,21	28,81	17,39	
	8º	0,24	6,09	12,23	2,84	10,78	15,88	12,91	23,85	13,61	15,60	7,18	20,00	26,42	15,39	1,92	
	9º	5,08	10,66	2,25	9,32	14,08	11,29	21,72	11,95	13,82	6,04	18,00	24,22	13,62	1,48	7,18	
	10º	9,29	1,79	8,06	12,49	9,88	19,78	10,49	12,24	5,09	16,21	22,20	12,06	1,15	6,11	32,68	
	11º	1,42	6,97	11,07	8,65	18,01	9,21	10,84	4,28	14,59	20,35	10,67	0,89	5,20	30,63	10,61	
R1 a R6	12º	6,03	9,82	7,56	16,40	8,09	9,60	3,61	13,13	18,66	9,44	0,68	4,42	28,72	9,38	10,50	
	13º	8,71	6,62	14,94	7,10	8,51	3,04	11,82	17,11	8,36	0,53	3,77	26,92	8,30	9,35	5,84	
	14º	5,79	13,60	6,23	7,53	2,56	10,65	15,68	7,40	0,41	3,20	25,24	7,35	8,32	5,08	7,95	
	15º	12,39	5,47	6,67	2,15	9,58	14,38	6,55	0,32	2,73	23,66	6,50	7,40	4,42	7,06	16,66	
	16º	5,72	6,95	2,28	9,93	14,81	6,82	0,34	2,88	24,18	6,77	7,70	4,63	7,35	17,11	6,71	
	17º	8,27	2,92	11,54	16,76	8,12	0,50	3,62	26,51	8,07	9,09	5,66	8,71	19,19	8,00	3,92	
	18º	3,73	13,40	18,97	9,67	0,72	4,56	29,07	9,61	10,74	6,90	10,31	21,52	9,53	4,91	31,95	
	19º	15,56	21,47	11,50	1,04	5,74	31,88	11,44	12,68	8,42	12,22	24,13	11,35	6,15	34,78	5,47	
R7 a R8	20º	24,31	13,69	1,50	7,23	34,95	13,62	14,98	10,28	14,47	27,06	13,52	7,70	37,87	6,91	5,76	
	21º	16,30	2,17	9,10	38,32	16,22	17,68	12,55	17,14	30,34	16,11	9,63	41,23	8,74	7,40	12,20	
	22º	3,13	11,45	42,02	19,31	20,88	15,31	20,30	34,02	19,20	12,06	44,89	11,04	9,50	14,93	10,63	
	23º	14,42	46,07	23,00	24,66	18,69	24,05	38,14	22,88	15,10	48,88	13,95	12,19	18,27	13,48	14,92	
	24º	50,51	27,38	29,12	22,81	28,48	42,77	27,26	18,90	53,21	17,63	15,66	22,36	17,11	18,71	8,89	
	Média R1-R6	7,23	8,40	9,74	9,94	7,48	7,08	10,10	10,99	10,45	8,52	8,55	11,56	12,26	8,70	11,93	
Média Ciclo	9,31	10,25	11,01	11,63	12,36	13,70	14,26	14,59	16,87	16,94	16,57	17,28	17,13	16,77	16,19		

5. CONCLUSÕES

As probabilidades de atendimento hídrico para as culturas do arroz de terras altas, milho e soja, na região de Ilha Solteira-SP, apresentaram-se baixas indicando necessidade de irrigação suplementar para todas as fases de desenvolvimento, nas diferentes épocas de semeadura.

Para semeadura sem uso de irrigação as melhores épocas de semeadura identificadas para a cultura do arroz de terras altas foram o primeiro e segundo quinqüídio de dezembro, por propiciar os maiores valores de atendimento na fase reprodutiva 11,23 e 11,94%, e durante o ciclo total da cultura 16,75 e 16,51%, respectivamente.

Para o milho, entre o segundo e terceiro quinqüídio de dezembro, com atendimento em torno de 11% entre os estádios 4 a 6, no entanto, semeaduras entre o terceiro e o quinto quinqüídios de novembro também apresentam atendimentos próximos aos que ocorrem nesse período de dezembro, sendo possível semear nessas épocas.

No caso da soja, as melhores épocas de semeadura ocorrem no mês de novembro com valores de atendimento entre os estádios R1 a R6 em torno de 10,5%, com exceção do quarto e quinto quinqüídios desse mês onde o atendimento é menor. No primeiro e terceiro

quinqüídio de dezembro também existem boas condições, no entanto, para semeaduras nesse período deve-se conhecer o cultivar a ser implantado, para que tenha período juvenil longo e não sofra com a influência do fotoperíodo.

6. REFERÊNCIAS

ALFONSI, R. R.; VICTORIA FILHO, R.; SENTELHAS, P. C. Épocas de semeadura para a cultura do milho no estado de São Paulo, baseadas na probabilidade de atendimento hídrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 43-49, 1997.

ALFONSI, R.R.; PEZZOPANE, J. R. M.; MORAES, A. V. C.; VICTORIA FILHO, R. Probabilidade de suprimento hídrico para a cultura do milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 241-248, 1997.

ALVAREZ FILHO, A. Botânica e desenvolvimento. In: SANTOS, O. S. dos. A cultura da soja, 1: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná. São Paulo: Globo, 1995. p.24-36.

ANJOS, I. B. dos; NERY, J. T. Variáveis meteorológicas associadas ao rendimento de grãos no Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 27, no. 1, p. 133-144, 2005.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V. de; PEREIRA, A. R. de. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1996. 161p.

BARBOSA FILHO, M. P. Nutrição e adubação do arroz: sequeiro e irrigado. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1987. 129p. (Boletim técnico 9).

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

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.831-839, 2004.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A. O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36, n. 7, p. 949-956, 2001.

BERLATO, M. A. As Condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS. p. 11-24. 1992.

BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H. Consumo de água da soja: I. Evapotranspiração estacional em condições de ótima disponibilidade de água no solo. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1, 1978, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: Embrapa-CNPSO, 1979. p.53-58.

BRANDALIZZE, V. Nova realidade do mercado do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p.1-9.

CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: Esalq, 2000.450p.

CAMARGO, M. B. P.; ARRUDA, H. V.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. **Probabilidades de atendimento da demanda hídrica da cultura do trigo pela precipitação pluvial no Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1988. 26p. (boletim técnico, 120).

CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; SOARES, C. P. B.; RIBEIRO, A. **Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais**. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 153-162, 2002.

CONFALONE, A. E.; COSTA, L. C.; PEREIRA, C. R. Crescimento e captura de luz em soja sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 165-169, 1998.

CONFALONE, A.; DUJMOVICH, M. N. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 183-187, 1999.

CRISPIM, J. E.; SOUTO, J. S.; FURLANI JÚNIOR, E.; ANDREOTTI, M. Adubação nitrogenada do arroz *Oriza sativa* L. UNESP, Botucatu, 1993. 48p.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; MACHADO, J. R. Influência de lâminas de água e adubação mineral na nutrição e produtividade de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 27, n.4, 2003.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; RODRIGUES, R. A. F.; MACHADO, J. R. Manejo de irrigação por aspersão com base no "Kc" e adubação mineral na cultura de arroz de terras altas. **Bragantia**, vol. 62, n. 3, p. 465-475, 2003.

CUNHA, G. R. da; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A.; PASINATO, A. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 111-119, 1998.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield responsive to water**. Roma: FAO Irrigation and Drainage Paper 33, 1979. 193p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water**. 2.ed. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 1977. 194p.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Milho: produtividade e uso da água. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p.114-119.

EMBRAPA/EPAGRI/IRGA. **Cultivo do arroz irrigado**. Pelotas, 1999. p.81-100.

FAGERIA, N. K. Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz. Rio de Janeiro: Campus; Goiânia: EMBRAPA, 1984. 341p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Fenologia do milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Coords.). **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Publique, 1997. p. 131-140.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: fisiologia da produção e produtividade. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ/LPV, p. 25-47, 2001.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. AMES: Iowa State University – Cooperative Extension Service, 1977. 12 p. (Special Report, 80).

FERNANDES, E. J.; TURCO, J. E. P. Utilização do CWSI na determinação de estresse hídrico em cultura de soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 347-355, 2001.

FRANÇA, S.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L. M. G. Modelagem do crescimento de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-dia, com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 59-66, 1999.

FREITAS, P. S. L. de; MANTOVANI, E. C.; REZENDE, R.; GONÇALVES, A. C. A.; BERTONHA, A. Influência da radiação solar sobre os valores de produtividade da cultura do milho, *Zea mays* L., simulados pelo modelo CERES-Maize. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n. 5, p. 1221-1227, 2001.

GARCIA, A.; GAUDENCIO, C. A.; TORRES, E. Agrometeorologia. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Resultados de pesquisa de soja 1987/88**. Londrina: Embrapa/CNPSo, 1988. p.11-29.

HARADA, E.; NEHMI, I. M. D.; FERRAZ, J. V.; SILVA, M. L.; NEHMI FILHO, V. A. Agrianual 2007: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP, 2007. p.251 (Agrianual 2007).

LOZADA, B. I.; ANGELOCCI, L. R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia para estimativa da duração do subperíodo da semeadura à floração de um híbrido de milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 31-36, 1999.

MATZENAUER, R.; BARNI, N. A.; MACHADO, F. A.; ROSA, F. S. da. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na região do planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 263-275, 1998.

MATZENAUER, R.; BARNI, N. A.; MALUF, J. R. T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol.33, n.6, 2003.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MALUF, J. R. T. Evapotranspiração da cultura do milho. I - Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 9-14, 1998.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A. Evapotranspiração da cultura do milho. II - Relações com a evaporação do tanque classe "A", com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1998.

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.

MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja. Como se beneficiar? In: Encontro de plantio direto no cerrado, 7, 2003, Sorriso. **Anais...** Sorriso: Ed. UFMT, p. 25-29, 2003.

MONTEIRO, J. A.; CRUZ, J. C.; BAHIA, F. G. T. C. Produção de milho no Brasil – Realidade e Perspectiva. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19. **Conferências...** Porto Alegre, p. 81-126, 1992.

MOTA, F. S. da; AGENDES, M. O. O.; ALVES, E. G. P.; SIGNORINI, E. Análise agroclimatológica da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 133-138, 1996.

MOTA, F. S. Condições climáticas e produção de soja no sul do Brasil. In: VERNETTI, F.J.(Ed.) **Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras**. Campinas: Fundação Cargil, p.91-126, 1983.

NEUMAIER, N.; TORRES, E.; GAUDENCIO, C. A.; GARCIA, A.; VAL, W. M. C. da. Descrição sumária das principais ocorrências meteorológicas das regiões produtoras de soja no Paraná em 1984/85. Londrina, 1985, 491p.

NIED, A. H.; HELDWEIN, A. B.; ESTEFANEL, V.; SILVA, J. C. DA; ALBERTO, C. M. Épocas de semeadura do milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica no município de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, 2005.

OLIVEIRA, A. D. de; COSTA, J. M. N. da; LEITE, R. A.; SOARES, P. C.; SOARES, A. A. Caracterização do período semeadura-floração, de cultivares de arroz de sequeiro no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 63-68, 2000a.

OLIVEIRA, A. D. de; COSTA, J. M. N. da; LEITE, R. A.; SOARES, P. C.; SOARES, A. A. Probabilidade de chuvas e estimativas de épocas de semeadura para cultivares de arroz de sequeiro, em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 295-309, 2000b.

PATERNIANI, E. Métodos tradicionais de melhoramento do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.

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

PINAZZA, L. A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.

RADIN, B.; SANTOS, A. O.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L. M. G.; BERGONCI, J. I. Estimativa da evapotranspiração da cultura do milho pelo método Penman-Monteith modificado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 185-191, 2000.

RADULOVICH, R. A. Aqua, a model to evaluate water deficits and excesses in tropical cropping. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.52, n.3-4, p.253-261, 1990.

SANTOS, M. J. Z. dos. Distribuição têmporo-espacial da cultura da soja na região Nordeste do Estado de São Paulo (1974-89). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 123-132, 1996.

SCHNEIDER, F. M.; SACCOL, A. V.; HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A. O clima. In: SANTOS, O. S. dos. A cultura da soja, 1: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná. São Paulo: Globo, 1995. p.37-59.

SCHÖFFEL, E. D. **Época de semeadura, fenologia, características fisiológicas e agronômicas de três cultivares de soja em Jaboticabal, SP.** 2001.145p. Tese (Doutorado em Agronomia - Concentração em produção vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

SCHÖFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Contribuição relativa da temperatura do ar no desenvolvimento de três cultivares de soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 97-104, 2002a.

SCHÖFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Relação entre a soma térmica efetiva e o crescimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 89-96, 2002b.

SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F.; THIEBAUT, J.T.L.; FONTES, L.A.N.; MARTIONS, O. Influência da época de semeadura e do retardamento da colheita sobre a qualidade das sementes e outras características Agronômicas das variedades de soja `UFV-1` e `UFV-2`, em Capinópolis, Minas Gerais. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, 1981, Brasília, DF. **Anais...** Londrina: Embrapa-CNPSo, 1982. p.645-660.

SILVA, O. F. da. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2005.

SILVA, S. C. da. Clima. In: STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; RABELO, R. R.; BIAVA, M. Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001. p.13-22.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. **Arroz irrigado por aspersão.** Santo Antônio de Goiás, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2004. 5p. (Circular técnica, 64).

TRIGUEIRINHO, F.G.B. Competitividade brasileira do agronegócio da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21, 1999, Dourados.

Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil. Dourados: Embrapa/Agropecuária Oeste, 1999.

VERNETTI, F. J. Origem da espécie, introdução e disseminação no Brasil. In: ____ . **Soja:** planta, clima, pragas, moléstias e invasoras. Campinas: Fundação Cargil, 1983.p.1-14.

VIDAL, A.; BEZUS, R.; ASBORNO, M. Efecto del atraso en la época de siembra sobre el desarrollo, la productividad y la calidad del arroz en Buenos Aires, Argentina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 287-292, 2001.

VIÉGAS, G. P. Melhoramento do milho para condições adversas. Campinas, Fundação Cargill, 1989. 44p.

WREGE, M. S.; CARAMORI, P. H.; GONÇALVES, S. L.; COLASANTE, L. O.; FUKOSHIMA, M. T.; ABUD, N. S. Determinação das melhores épocas de semeadura do arroz de sequeiro, *Oryza sativa*, no Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n. 5, p. 1179-1183, 2001.