

ISSN 0104-1347

## Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul

### Agricultural zoning and sowing dates for soybean in Rio Grande do Sul, southern Brazil

Gilberto Rocca da Cunha<sup>1,4</sup>, Nídio Antônio Barni<sup>2</sup>, João Carlos Haas<sup>1</sup>, Jaime Ricardo Tavares Maluf<sup>1</sup>, Ronaldo Matzenauer<sup>2,4</sup>, Aldemir Pasinato<sup>3</sup>, Márcia Barrocas Moreira Pimentel<sup>3</sup> e João Leonardo Fernandes Pires<sup>5</sup>

**Resumo** - O nível de tecnologia adotado e a variabilidade climática explicam grande parte das flutuações no rendimento de grãos das culturas, que ocorrem em diferentes safras e entre locais. Particularmente para a cultura de soja no Rio Grande do Sul (RS), cuja viabilidade de cultivo em praticamente todo o estado tem sido demonstrada por trabalhos de zoneamento agrícola já realizados, tem-se que a precipitação pluvial (deficiência hídrica) é a principal variável meteorológica determinante de oscilações no rendimento de grãos, tanto interanual quanto entre as diferentes regiões. Esse trabalho foi executado com base na interação entre “disponibilidade hídrica x períodos críticos de desenvolvimento” como o principal fator determinante da expressão de rendimento econômico da cultura de soja no RS. Para tal, foram realizados cálculos de balanço hídrico diário, com dados de quarenta estações meteorológicas das redes Fepagro-RS e INMET, e de 251 estações pluviométricas da ANEEL, considerando durações características de desenvolvimento das cultivares de soja de ciclo precoce, médio e semitardio/tardio, quando semeadas entre outubro e dezembro, e a capacidade de água disponível (CAD) nos solos predominantes em cada região, além de três CADs fixas: 35 mm, 50 mm e 75 mm. Após as simulações de balanço hídrico, foram espacializados índices de perda de potencial de rendimento e de evapotranspiração relativa ( $E_{Tr}/E_{Tm}$ ), subperíodo floração-enchimento de grãos, definindo-se três classes, com frequência mínima de 80%:  $E_{Tr}/E_{Tm} > 0,65$  (favorável),  $0,65 > E_{Tr}/E_{Tm} > 0,55$  (intermediária) e  $E_{Tr}/E_{Tm} < 0,55$  (desfavorável). O resultado do estudo permitiu a definição de um calendário de semeadura para soja no RS entre 11 de outubro e 31 dezembro, conforme o tipo de solo e ciclo da cultivar. A indicação de períodos de semeadura foi baseada, exclusivamente, no critério disponibilidade hídrica para a cultura, o que não implica em que, necessariamente, todos os municípios do estado incluídos nesse zoneamento apresentem o mesmo nível de potencial de rendimento de soja, em decorrência de diferenças associadas com outras variáveis de solo e de clima.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill, balanço hídrico, calendário de semeadura, deficiência hídrica, risco climático, Brasil.

**Abstract** - The technology level and the climatic variability explain a large proportion of grain yield fluctuation occurring in each harvest and location. Soybean can be grown in every region of Rio Grande do Sul, however, it has been shown in several zoning studies that water deficit is the

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: cunha@cnpt.embrapa.br

<sup>2</sup> Pesquisador da Fepagro, Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90130-060 Porto Alegre, RS.

<sup>3</sup> Analista de Sistemas da Embrapa Trigo.

<sup>4</sup> Bolsista do CNPq-PQ.

<sup>5</sup> Bolsista do CNPq-RD.

*main factor affecting the grain yield variability between regions and years. This work was based on the interaction between “water availability x critical developmental periods” as the main factor affecting the soybean economic variability in Rio Grande do Sul. It was done through daily water balance calculations using data from 40 meteorological stations, Fepagro-RS and INMET networks, and 251 ANEEL precipitation stations; using typical development cycles of Early, Normal and Late soybean cultivars, sown in October to December; and using the Available Water Capacity (AWC) in the soil predominant in each region plus three fixed AWC: 35mm, 50mm and 75mm. After running the water balance simulations, the indexes of potential yield loss and relative evapotranspiration (ETr/ETm) for the period bloom-grain filling were plotted in maps, for three classes with frequencies above 80%: ETr/ETm > 0.65 (desirable), ETr/ETm between 0.65 and 0.55 (intermediate), and ETr/ETm < 0.55 (undesirable). The result of this study allowed the definition of a sowing dates calendar for soybean in Rio Grande do Sul, between Oct/11 and Dec/31, for different soils (AWC) and cultivars. It should be noted that this calendar is based solely in availability of water for the crop. By no means it suggests that every municipality included in this zoning have the same yield potential, because there are many other variables of soil and climate which are not accounted by this study.*

**Key words:** *Glycine max* (L.) Merril, water balance, sowing period, water deficiency, climatic risk, Brazil.

## Introdução

O nível de tecnologia adotado e a variabilidade climática explicam grande parte das flutuações no rendimento de grãos das culturas, que ocorrem em diferentes anos e entre locais. No caso de soja no Rio Grande do Sul (RS), o efeito do clima fica evidenciado por safras como a de 1990/1991, quando o rendimento médio de grãos do estado foi de 712 kg/ha (BERLATO & FONTANA, 2001) e pela de 2000/2001, com rendimento médio estimado, conforme BISOTTO & FARIAS (2001), em 2.339 kg/ha.

Os estudos sobre zoneamento climático para a cultura de soja, no Brasil, têm incluído, como principais variáveis limitantes, a deficiência hídrica, a insuficiência térmica e a falta de uma estação seca na época de colheita (MOTA, 1983). Especificamente para o Rio Grande do Sul, MOTA et al. (1974), considerando fotoperíodo, temperatura e umidade, diagnosticaram a possibilidade de cultivo de soja em praticamente todo o estado, com exceção, por razões de natureza térmica, de pequena área no nordeste do território rio-grandense.

De maneira geral, o regime térmico não é limitante para o rendimento de grãos, nas principais regiões de produção de soja no Rio Grande do Sul. Tanto para temperatura do ar (BERLATO et al.,

1992; BARNI, 1999) quanto para temperatura do solo, que, no período de semeadura atualmente indicado (outubro a dezembro), superam o valor mínimo de 18 °C, indicado por COSTA (1996) como suficiente para permitir emergência rápida e uniforme da cultura.

A precipitação pluvial foi identificada como a principal variável meteorológica determinante de oscilações no rendimento de grãos de soja no Rio Grande do Sul, tanto interanual quanto entre diferentes regiões (MOTA, 1983; CUNHA et al., 1999; BARNI & MATZENAUER, 2000). A precipitação pluvial de dezembro a março, conforme resultados obtidos por BERLATO & FONTANA (1999), explica cerca de 80% da variação interanual do rendimento de soja no RS. A importância dessa variável fica evidente nos prejuízos causados por falta de chuvas nas safras gaúchas de soja em 1977/1978, 1978/1979, 1981/1982, 1985/1986, 1987/1988, 1990/1991, 1995/1996, 1996/1997, 1998/1999 e 1999/2000 (BERLATO, 1992; BERLATO & FONTANA, 1997; BERLATO & FONTANA, 2001).

Os efeitos da deficiência hídrica sobre o potencial de rendimento de soja dependerão da intensidade, duração, época de ocorrência e interação com outros fatores determinantes do rendimento de grãos. Influi, principalmente, sobre fotossín-

tese, respiração, crescimento, absorção e transporte de nutrientes, além de provocar modificações enzimáticas e alterações hormonais que afetam outros processos na planta.

As duas etapas críticas da cultura de soja, em relação à disponibilidade hídrica, são da germinação à emergência e no pós-florescimento (DOSS *et al.*, 1974; BERLATO *et al.*, 1992; CÂMARA & HEIFFIG, 2000). A deficiência no início do ciclo dificulta a embebição da semente e, conseqüentemente, a germinação, além de promover formação de crostas superficiais em determinados tipos de solo, que atrasam ou impedem a emergência das plântulas (CÂMARA & HEIFFIG, 2000).

A soja pode ser considerada uma cultura tolerante à deficiência hídrica, por possuir período de florescimento longo, permitindo que escape de secas de curta duração, compensando a perda de flores ou legumes com o aparecimento de flores tardias por ocasião de condições mais adequadas de umidade no solo (MOTA, 1983). No entanto, a deficiência hídrica submete a planta de soja a estresse que se manifesta na forma de baixa estatura, folhas pequenas e murchas, entrenós curtos, redução na taxa de crescimento da cultura, menor índice de área foliar, menor taxa de expansão foliar, menor duração da área foliar, atividade fotossintética menos intensa, prejuízos à fixação de nitrogênio e, por influir no metabolismo geral da planta, acaba afetando negativamente o rendimento de grãos (CONFALONE *et al.*, 1998; DESCLAUX *et al.*, 2000; NEUMAIER *et al.*, 2000). Secas durante o período reprodutivo (pós-florescimento) causam reduções drásticas no rendimento de grãos, devido ao maior abortamento de flores e de legumes, menor período de florescimento, menor número de grãos por legume, menor período de enchimento de grãos, diminuição da qualidade de grãos e aceleração da senescência foliar. Estas perdas, em algumas ocasiões, acabam não sendo compensadas pelo número de grãos por legume e pelo peso do grão, pois esses componentes do rendimento possuem limites máximos determinados geneticamente (SIONIT & KRAMER, 1977; DE SOUZA *et al.*, 1997; CONFALONE & DUJMOVICH, 1999; DESCLAUX *et al.*, 2000; NEUMAIER *et al.*, 2000).

Dentre as técnicas de manejo capazes de sobrepujar total ou parcialmente a deficiência hídrica, pode-se destacar a escolha da cultivar, a época de semeadura, o aumento do nível de matéria orgânica, o plantio direto, a irrigação, o uso de quebra-ventos e o menor espaçamento entre linhas. É fundamental também que se evite semear em épocas de risco indicadas por estudos de zoneamento agroclimático (MOTA, 1983; NEUMAIER *et al.*, 2000).

A irrigação apresenta-se como solução principal para o problema de deficiência hídrica em soja. A demanda em investimentos, além da falta de condições adequadas da área e problemas de disponibilidade de mananciais hídricos em anos críticos, tem limitado sua utilização no sul do Brasil. Outra forma de enfrentar o problema é via uso de cultivares mais tolerantes ao estresse hídrico, de forma que, mesmo em anos secos, o rendimento fosse mantido em níveis aceitáveis. Para isso, todavia, há necessidade de melhor caracterização das cultivares indicadas para cultivo quanto ao nível de tolerância ao estresse hídrico.

A escolha da época de semeadura destaca-se no controle da deficiência hídrica valendo-se de mecanismos de escape, pois pode ser ajustada para evitar períodos de baixa precipitação durante estádios críticos e fazer coincidir as etapas de florescimento e fixação de legumes com períodos favoráveis de disponibilidade hídrica (MOTA, 1983). Além do escalonamento de épocas de semeadura, recomenda-se a diversificação de cultivares, para reduzir riscos de prejuízos por seca. Por exemplo, em uma propriedade, pode-se utilizar 1/3 de cultivares de ciclos precoce e semiprecoce, 1/3 de cultivares de ciclo médio e 1/3 de cultivares de ciclos semitardio e tardio. Com isso, está se reduzindo os riscos de insucesso total da área cultivada, pois as plantas das diferentes cultivares apresentarão defasagens de seus subperíodos críticos de desenvolvimento, em relação à deficiência hídrica (BARNI, 1999).

A implementação do Programa de Zoneamento Agrícola, a partir da safra de inverno de 1996, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, como principal instrumento de apoio à política de crédito e seguridade agrícola do Governo Federal, buscou reduzir as perdas causadas por adversi-

dades climáticas na agricultura brasileira. Para tal, foram estabelecidos zoneamentos de riscos climáticos que definem, com base na escolha de culturas, ciclo de cultivares e períodos de semeadura, o nível de riscos de natureza climática inerentes à atividade agrícola, em cada local.

O objetivo deste trabalho foi indicar o período favorável para semeadura de soja em cada município do Rio Grande do Sul, com base em riscos de deficiência hídrica, considerando tipo de solo e ciclo de cultivares como principais variáveis de definição.

## Material e métodos

O trabalho foi executado com base na interação entre “disponibilidade hídrica x períodos críticos de desenvolvimento”, como principais fatores determinantes da expressão de rendimento econômico da cultura de soja no Rio Grande do Sul.

Para tal, foram realizados cálculos de balanço hídrico diário (Modelo de Thornthwaite & Mather, a partir do software BHIDRICO v.3.20, desenvolvido por LIER & DOURADO NETO (1993)), considerando os ciclos característicos de desenvolvimento das cultivares de soja de ciclos precoce, médio e semitardio/tardio, no Rio Grande do Sul, quando semeadas entre outubro e dezembro.

Na Tabela 1 encontram-se os ciclos característicos das cultivares de soja indicadas para o Rio Grande do Sul, determinados com base nos trabalhos realizados por BONATO & IGNACZAK (1992) e BONATO et al. (1993, 1994).

Usando-se uma base de dados meteorológicos diários, envolvendo temperatura média (°C) e chu-

va (mm), de 40 estações meteorológicas características das diferentes regiões do Rio Grande do Sul (Redes INMET e Fepagro-RS), contendo, em sua maioria, entre 20 e 30 anos de observações diárias ininterruptas, foram realizadas simulações de balanço hídrico para soja (ciclos precoce, médio e semitardio/tardio), considerando semeaduras nos dias 5, 15 e 25 de cada mês, no período de outubro a dezembro.

A capacidade de armazenamento de água no solo, no cálculo do balanço hídrico, foi computada a partir de curvas características de retenção de água no solo, considerando-se as unidades de mapeamento de solo representativas das regiões das estações meteorológicas (BRASIL, 1973), compiladas nos trabalhos publicados por MUNDSTOCK (1970), DEDECECK (1974), GOMES & CABEDA (1977), BELTRAME et al. (1979) e BELTRAME & LOUZADA (1996).

Após as simulações de balanço hídrico, foram realizados os cálculos de rendimento relativo para a cultura de soja, com base nas interações locais x ciclos de cultivares x período de semeadura.

Foi utilizado o modelo de previsão de rendimento relativo de soja ( $Y/Y_m$ ), onde  $Y$  é o rendimento obtido nas condições reais de disponibilidade hídrica e  $Y_m$  o rendimento máximo possível na ausência de deficiência hídrica, calibrado e validado por BERLATO (1987):

$$Y / Y_m = \pi_{i=1}^n (ET_r / ET_m)^{\lambda 1}$$

onde,  $ET_r$  = evapotranspiração real,  $ET_m$  = evapotranspiração máxima e  $\lambda 1$  = fator de sensibilidade da cultura à deficiência hídrica em dado subperíodo de desenvolvimento.

**Tabela 1.** Ciclos característicos das cultivares de soja indicadas para o Rio Grande do Sul.

Semeadura	Ciclo					
	Precoce		Médio		Semitardio/tardio	
	EME-FLO	EME-MAT	EME-FLO	EME-MAT	EME-FLO	EME-MAT
	----- (dias) -----					
Outubro	64	156	63	162	72	170
Novembro	57	134	57	140	66	147
Dezembro	52	117	52	120	58	126

\*Fonte: BONATO & IGNACZAK (1992) e BONATO et al. (1993, 1994).

Obs.: EME = emergência; FLO = floração (estádio R2) e MAT = maturação (estádio R8). A duração do subperíodo semeadura-emergência foi considerada fixa em sete dias.

No caso, foram considerados dois subperíodos críticos de soja à falta de água:

- Subperíodo 2 = dez dias após a emergência até o início do florescimento;
- Subperíodo 3 = início do florescimento até cinquenta dias após.

De posse do rendimento relativo ( $Y/Y_m$ ), que define a proporção do rendimento potencial que é obtida na situação real de disponibilidade hídrica, foram calculados os valores limites de ( $Y/Y_m$ ) em nível de 80% de probabilidade, ou seja, o valor mínimo esperado em quatro a cada cinco anos.

A partir das probabilidades, foram considerados períodos favoráveis para a semeadura de soja, nas diferentes regiões agroecológicas do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 1994), aqueles em que a perda de rendimento potencial por deficiência hídrica fosse inferior a 50%.

Visando identificar as áreas de alto risco, para a safra de 2001/2002, em função do regime pluvial e das características de armazenamento de água no solo, realizou-se análise complementar com o programa Sarrazon (BARON *et al.*, 1996), para cálculo de balanço hídrico integrado à base de dados formada por 251 estações pluviométricas da ANEEL, contendo séries históricas entre 15 e 20 anos de dados diários.

As simulações de cálculo de balanço hídrico foram feitas para os ciclos característicos das cultivares de soja (precoce, médio e semitardio/tardio), conforme o mês de semeadura (Tabela 1), e levando em consideração três níveis de Capacidade de Água Disponível (CAD): 35 mm, 50 mm e 75 mm, para solos chamados de Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3, respectivamente (Tabela 2).

Como índice de espacialização, foram usados valores do Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA), que corresponde à relação  $E_{Tr}/E_{Tm}$  (evapotranspiração real/

evapotranspiração máxima) para o subperíodo floração-enchimento de grãos, definindo-se três classes, com frequência mínima de 80%:  $E_{Tr}/E_{Tm} > 0,65$  (favorável),  $0,65 > E_{Tr}/E_{Tm} > 0,55$  (intermediária) e  $E_{Tr}/E_{Tm} < 0,55$  (desfavorável).

Foram excluídos do presente zoneamento aqueles municípios que, nos últimos dez anos, pelas estatísticas do IBGE, não indicaram semeadura de soja de forma sistemática. Basicamente, neste caso, envolvendo municípios das regiões agroecológicas 1a, 2a, 2b, 2c e 3a, conforme RIO GRANDE DO SUL (1994), concentrados na faixa litorânea, na região metropolitana da capital e em parte da serra gaúcha.

## Resultados e discussão

A análise dos resultados, conforme apresentada por CUNHA *et al.* (1998, 1999), demonstrou que a disponibilidade hídrica é a variável que limita a expressão do potencial de rendimento da cultura de soja no Rio Grande do Sul, independentemente do ciclo da cultivar, da época de semeadura e do local. Todavia, há variabilidade entre regiões, existindo aquelas em que as magnitudes da perda do potencial de rendimento, por falta de água à cultura, são maiores.

Nas tabelas 3, 4 e 5, constam as perdas do potencial de rendimento em soja, para algumas localidades, considerando cultivares representativas dos ciclos precoce, médio e semitardio/tardio, respectivamente, quando semeadas entre outubro e dezembro, em valores relativos de perda (0 a 1) nos níveis de probabilidade de 20% (dois anos em dez), 40% (quatro anos em dez), 60% (seis anos em dez) e 80% (oito anos em dez). Os valores correspondem às frequências relativas acumuladas e indicam, para cada nível de probabilidade, a magnitude máxima de perda, isto é, as perdas são menores do que os valores constantes nas tabelas ou igualam-se a eles. Por exemplo, na Tabela 3,

**Tabela 2.** Tipos de solo aptos para semeadura de soja no estado do Rio Grande do Sul.

Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Areias quartzosas e solos Aluviais arenosos.	Latossolos Vermelho-Escuros e Vermelho-Amarelos (com menos de 35% de argila).	Podzólicos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (Terra Roxa Estruturada); Latossolos Roxo e Vermelho-Escuro (com mais de 35% de argila); Cambissolos Eutróficos e solos Aluviais de textura média e argilosa.

em Passo Fundo, considerando-se semeaduras de meados de novembro (dia 15), o valor de perda é 0,30, com 80% de probabilidade. Assim, nesse local, perdas de potencial de rendimento em soja, por deficiência hídrica, em 80% dos anos, alcançaram até 30%.

Nas tabelas 3, 4 e 5, são evidenciadas as diferenças regionais existentes no estado, em termos de impactos negativos do regime de chuvas do período de primavera-verão sobre o rendimento da cultura de soja. Para um mesmo nível de probabilidade, o comportamento é similar, independentemente do ciclo das cultivares. Há um gradiente indicando aumento na magnitude das perdas, no sentido de nordeste para sudoeste no estado, além de, na metade sul do estado, essas perdas serem sempre maiores. Observou-se isso confrontando-se as cidades de Vacaria e São Borja, no primeiro caso, e as cidades de Passo Fundo e Bagé, no segundo, por exemplo.

Indicativo de que os problemas de deficiência hídrica em soja são maiores e mais frequentes nas regiões central, sul e oeste do Rio Grande do Sul (mais precisamente nas regiões climáticas da Campanha, Litoral Sul, Baixo Vale do Uruguai, Depressão Central e Serra do Sudeste), foi apresentado por BERGAMASCHI (1986). Por sua vez, MOTA et al. (1996) concluíram que em todas as regiões do RS há, climaticamente, necessidade de irrigação em soja, considerando o período de semeadura recomendado (outubro a dezembro) e as cultivares de todos os ciclos. Além disso, as necessidades de

irrigação no sul do estado são maiores que as verificadas na região norte. Esse fato demonstra, conforme salientado por MATZENAUER et al. (1998) e BERLATO (1999), que a precipitação pluvial no RS, embora seja equitativamente distribuída nas quatro estações do ano (24% no verão, 25% no outono, 25% no inverno e 26% na primavera), a chuva normal de verão, em geral, não é suficiente para atender às necessidades hídricas das culturas, principalmente na metade sul do estado em função da maior demanda evaporativa da atmosfera no verão (dezembro, janeiro e fevereiro).

Na Figura 1, para semeaduras de outubro a dezembro, ficaram evidentes as diferenças re-

**Tabela 3.** Perda de potencial de rendimento de cultivares de soja de ciclo precoce (escala relativa 0 a 1, valores iguais ou menores), no Rio Grande do Sul, por deficiência hídrica, em diferentes níveis de probabilidade (20%, 40%, 60% e 80%).

Local	Época de semeadura								
	05 out	15 out	25 out	05 nov	15 nov	25 nov	05 dez	15 dez	25 dez
----- (20% - 2 anos em 10) -----									
Vacaria	0,04	0,08	0,06	0,05	0,05	0,11	0,07	0,02	0,01
Passo Fundo	0,07	0,07	0,07	0,05	0,08	0,09	0,10	0,05	0,01
Santa Maria	0,10	0,12	0,11	0,12	0,13	0,11	0,08	0,08	0,10
São Borja	0,11	0,15	0,17	0,15	0,16	0,20	0,19	0,12	0,03
Encruzilhada do Sul	0,22	0,26	0,19	0,18	0,21	0,23	0,20	0,19	0,13
Bagé	0,24	0,24	0,22	0,17	0,14	0,14	0,13	0,14	0,20
----- (40% - 4 anos em 10) -----									
Vacaria	0,18	0,16	0,12	0,11	0,11	0,14	0,14	0,09	0,04
Passo Fundo	0,14	0,11	0,11	0,09	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Santa Maria	0,22	0,22	0,19	0,15	0,19	0,22	0,17	0,15	0,17
São Borja	0,27	0,27	0,25	0,24	0,27	0,29	0,26	0,21	0,15
Encruzilhada do Sul	0,34	0,34	0,38	0,35	0,30	0,31	0,28	0,26	0,25
Bagé	0,35	0,37	0,32	0,29	0,28	0,26	0,28	0,24	0,29
----- (60% - 6 anos em 10) -----									
Vacaria	0,24	0,25	0,25	0,21	0,21	0,18	0,19	0,18	0,21
Passo Fundo	0,21	0,24	0,24	0,23	0,22	0,23	0,24	0,23	0,24
Santa Maria	0,34	0,34	0,31	0,30	0,26	0,27	0,26	0,27	0,26
São Borja	0,38	0,44	0,42	0,44	0,43	0,37	0,33	0,29	0,24
Encruzilhada do Sul	0,47	0,42	0,42	0,42	0,43	0,38	0,34	0,36	0,33
Bagé	0,45	0,43	0,45	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,33
----- (80% - 8 anos em 10) -----									
Vacaria	0,33	0,27	0,28	0,26	0,30	0,33	0,31	0,34	0,37
Passo Fundo	0,34	0,33	0,32	0,30	0,30	0,33	0,32	0,34	0,39
Santa Maria	0,43	0,44	0,48	0,48	0,44	0,40	0,40	0,43	0,40
São Borja	0,51	0,62	0,59	0,56	0,50	0,45	0,40	0,43	0,44
Encruzilhada do Sul	0,52	0,51	0,48	0,48	0,54	0,51	0,46	0,45	0,46
Bagé	0,59	0,63	0,62	0,59	0,55	0,45	0,45	0,44	0,44



gionais dos impactos das deficiências hídricas na perda do potencial de rendimento em soja, com 80% de probabilidade. Verificou-se também, que a magnitude das perdas aumenta no sentido do sudoeste. As menores perdas concentram-se na parte nordeste e as maiores na metade sul do estado.

Comparando as colunas da Figura 1, isto é, cultivares de ciclo precoce x cultivares de ciclo médio x cultivares de ciclo semitardio/tardio, nota-se que há grande similaridade nas cartas de perda de potencial de rendimento entre as cultivares de ciclo precoce e as de ciclo médio, independentemente da época de semeadura considerada. Todavia, comparativamente às de ciclo semitardio/tardio, observa-se que há diferença, particularmente na metade sul do estado, apresentando estas menores perdas do potencial de rendimento, em relação às de ciclos precoce e médio. Isto é mais notório nas semeaduras do começo até meados de outubro e nas semeaduras a partir de meados de novembro. Na parte norte do estado, particularmente no nordeste, os resultados mostrados nas cartas são similares para os três ciclos de cultivares (precoce, médio e semitardio/tardio).

A principal zona de produção de soja no Rio Grande do Sul concentra-se nas regiões Planalto Médio e Missões, isto é, na metade norte do estado. Todavia, nessa área, as perdas aumentam de leste para oeste, ou seja, dos Campos de Cima da Serra, passando pelo Planalto Médio, até as Missões. Comparativamente com o Planalto Médio, há maiores perdas do potencial de rendimento nas Missões, sendo esta também uma importante região produtora de soja no estado.

Clima e solo são variáveis que explicam as diferenças regionais dos impactos de deficiência hídrica

**Tabela 4.** Perda de potencial de rendimento de cultivares de soja de ciclo médio (escala relativa 0 a 1, valores iguais ou menores), no Rio Grande do Sul, por deficiência hídrica, em diferentes níveis de probabilidade (20%, 40%, 60% e 80%).

Local	Época de semeadura								
	05 out	15 out	25 out	05 nov	15 nov	25 nov	05 dez	15 dez	25 dez
----- (20% - 2 anos em 10) -----									
Vacaria	0,04	0,08	0,07	0,05	0,06	0,11	0,07	0,02	0,01
Passo Fundo	0,07	0,07	0,07	0,05	0,08	0,09	0,10	0,05	0,01
Santa Maria	0,12	0,13	0,11	0,13	0,14	0,12	0,09	0,09	0,10
São Borja	0,11	0,15	0,17	0,16	0,17	0,21	0,19	0,12	0,03
Encruzilhada do Sul	0,22	0,25	0,20	0,19	0,22	0,24	0,21	0,20	0,14
Bagé	0,25	0,24	0,23	0,17	0,15	0,15	0,13	0,15	0,20
----- (40% - 4 anos em 10) -----									
Vacaria	0,18	0,18	0,12	0,12	0,11	0,14	0,14	0,09	0,04
Passo Fundo	0,15	0,11	0,11	0,09	0,15	0,14	0,14	0,15	0,14
Santa Maria	0,23	0,22	0,20	0,16	0,20	0,22	0,18	0,15	0,17
São Borja	0,28	0,28	0,24	0,25	0,27	0,30	0,26	0,21	0,15
Encruzilhada do Sul	0,35	0,35	0,37	0,36	0,31	0,31	0,29	0,27	0,25
Bagé	0,36	0,38	0,32	0,30	0,28	0,27	0,29	0,25	0,30
----- (60% - 6 anos em 10) -----									
Vacaria	0,25	0,24	0,26	0,22	0,21	0,18	0,20	0,19	0,22
Passo Fundo	0,21	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,24	0,23	0,24
Santa Maria	0,33	0,35	0,32	0,30	0,26	0,28	0,26	0,27	0,27
São Borja	0,38	0,44	0,43	0,44	0,43	0,37	0,33	0,29	0,24
Encruzilhada do Sul	0,48	0,44	0,42	0,43	0,43	0,38	0,34	0,36	0,34
Bagé	0,46	0,45	0,45	0,37	0,43	0,38	0,35	0,32	0,34
----- (80% - 8 anos em 10) -----									
Vacaria	0,38	0,39	0,36	0,40	0,37	0,33	0,29	0,33	0,32
Passo Fundo	0,34	0,33	0,32	0,31	0,31	0,34	0,33	0,35	0,39
Santa Maria	0,43	0,44	0,48	0,48	0,49	0,45	0,40	0,40	0,43
São Borja	0,51	0,62	0,60	0,57	0,50	0,45	0,40	0,44	0,45
Encruzilhada do Sul	0,53	0,52	0,48	0,49	0,54	0,51	0,46	0,45	0,47
Bagé	0,59	0,63	0,62	0,59	0,56	0,46	0,45	0,44	0,44

ca na cultura de soja no Rio Grande do Sul, particularmente, em função da capacidade de armazenamento de água disponível no solo e de regime pluvial. Em trabalho de análise sobre a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial, para culturas de primavera-verão no RS, AVILA *et al.* (1996) traçaram uma série de cartas onde demonstraram comportamento regional que explica os resultados obtidos no tocante à perda do potencial de rendimento em soja, pela falta de água. Nas regiões em que a magnitude de perda do potencial de rendimento foi maior, a probabilidade da precipitação pluvial se equivar à evapotranspiração potencial ou de superá-la foi menor.

Nas figuras 2, 3 e 4, são apresentadas as cartas de riscos climáticos para a cultura de soja no Rio Grande do Sul, com base no ISNA (ETr/ETm), conforme o ciclo das cultivares e a capacidade de água disponível no solo (CAD), para semeaduras entre outubro e dezembro, nos moldes do trabalho realizado por FARIAS *et al.* (2001) para outros

oito estados brasileiros. Destacou-se a similaridade entre estes mapas de riscos climáticos e os de perda do potencial de rendimento (Figura 1). As regiões classificadas como desfavoráveis e/ou de risco intermediário praticamente se sobrepõem àquelas de maiores perdas do potencial de rendimento, concentradas na metade sul e na parte oeste do estado. Também ficou evidente, nas figuras 2, 3 e 4, que, quanto menor a capacidade de água disponível no solo (CAD), maiores são os riscos para a cultura de soja. Tem-se, em ordem crescente de CAD, que as áreas de risco diminuem progressivamente dos solos Tipo 1 para solos Tipo 2 e 3 (Tabela 2), independentemente de ciclo de cultivares.

Outro aspecto importante, que pode ser constatado nas figuras 2, 3 e 4, é que, para os solos Tipo 1 (CAD de 35 mm), a área considerada favorável para cultivo de soja está concentrada na parte nordeste do Rio Grande do Sul (Planalto Médio, Campos de Cima da Serra e Serra do Nordeste). Esse fato deve-se à combinação de maiores valores de chuva e menores de evapotranspiração, em função do regime térmico mais frio, que se verifica nessa parte do estado. De qualquer forma, mesmo classificada como favorável para semeadura de soja, no caso das áreas com solo Tipo 1 (CAD de 35 mm), deve-se admitir que, comparativamente aos solos Tipo 2 (CAD de 50 mm) e solos Tipo 3 (CAD de 75 mm), nessas mesmas regiões, os riscos são maiores para os solos Tipo 1, pois os outros tipos de solo, em função de maior CAD, suportam períodos de estiagens mais prolongados via o aporte de água armazenada no solo para a cultura.

A partir do mapeamento de perda de potencial de rendimento em soja no Rio Grande do Sul

**Tabela 5.** Perda de potencial de rendimento de cultivares de soja de ciclo semitardio/tardio (escala relativa 0 a 1, valores iguais ou menores), no Rio Grande do Sul, por deficiência hídrica, em diferentes níveis de probabilidade (20%, 40%, 60% e 80%).

Local	Época de semeadura								
	05 out	15 out	25 out	05 nov	15 nov	25 nov	05 dez	15 dez	25 dez
----- (20% - 2 anos em 10) -----									
Vacaria	0,06	0,07	0,05	0,06	0,10	0,07	0,06	0,02	0,03
Passo Fundo	0,08	0,06	0,08	0,08	0,09	0,08	0,06	0,04	0,04
Santa Maria	0,13	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12	0,09	0,10	0,12
São Borja	0,13	0,16	0,16	0,15	0,19	0,19	0,16	0,10	0,03
Encruzilhada do Sul	0,24	0,21	0,20	0,19	0,22	0,21	0,19	0,15	0,15
Bagé	0,24	0,23	0,23	0,16	0,15	0,15	0,12	0,20	0,13
----- (40% - 4 anos em 10) -----									
Vacaria	0,18	0,12	0,12	0,11	0,14	0,13	0,11	0,03	0,07
Passo Fundo	0,11	0,10	0,12	0,14	0,15	0,15	0,14	0,15	0,14
Santa Maria	0,21	0,19	0,17	0,18	0,21	0,18	0,17	0,16	0,17
São Borja	0,26	0,22	0,26	0,24	0,28	0,27	0,25	0,17	0,15
Encruzilhada do Sul	0,31	0,34	0,36	0,31	0,32	0,29	0,27	0,28	0,22
Bagé	0,33	0,33	0,30	0,26	0,26	0,26	0,24	0,25	0,27
----- (60% - 6 anos em 10) -----									
Vacaria	0,22	0,23	0,22	0,22	0,18	0,21	0,20	0,19	0,18
Passo Fundo	0,23	0,22	0,22	0,21	0,22	0,20	0,20	0,23	0,22
Santa Maria	0,34	0,30	0,27	0,25	0,25	0,27	0,26	0,25	0,25
São Borja	0,41	0,40	0,43	0,40	0,36	0,32	0,30	0,31	0,22
Encruzilhada do Sul	0,41	0,41	0,42	0,41	0,37	0,37	0,36	0,33	0,32
Bagé	0,43	0,42	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,31	0,30
----- (80% - 8 anos em 10) -----									
Vacaria	0,36	0,34	0,39	0,36	0,31	0,27	0,26	0,30	0,30
Passo Fundo	0,31	0,30	0,30	0,29	0,31	0,33	0,32	0,34	0,36
Santa Maria	0,40	0,44	0,48	0,48	0,43	0,39	0,36	0,40	0,37
São Borja	0,56	0,57	0,51	0,47	0,43	0,41	0,40	0,38	0,39
Encruzilhada do Sul	0,48	0,45	0,49	0,50	0,49	0,43	0,42	0,44	0,41
Bagé	0,59	0,58	0,55	0,53	0,45	0,41	0,43	0,41	0,44

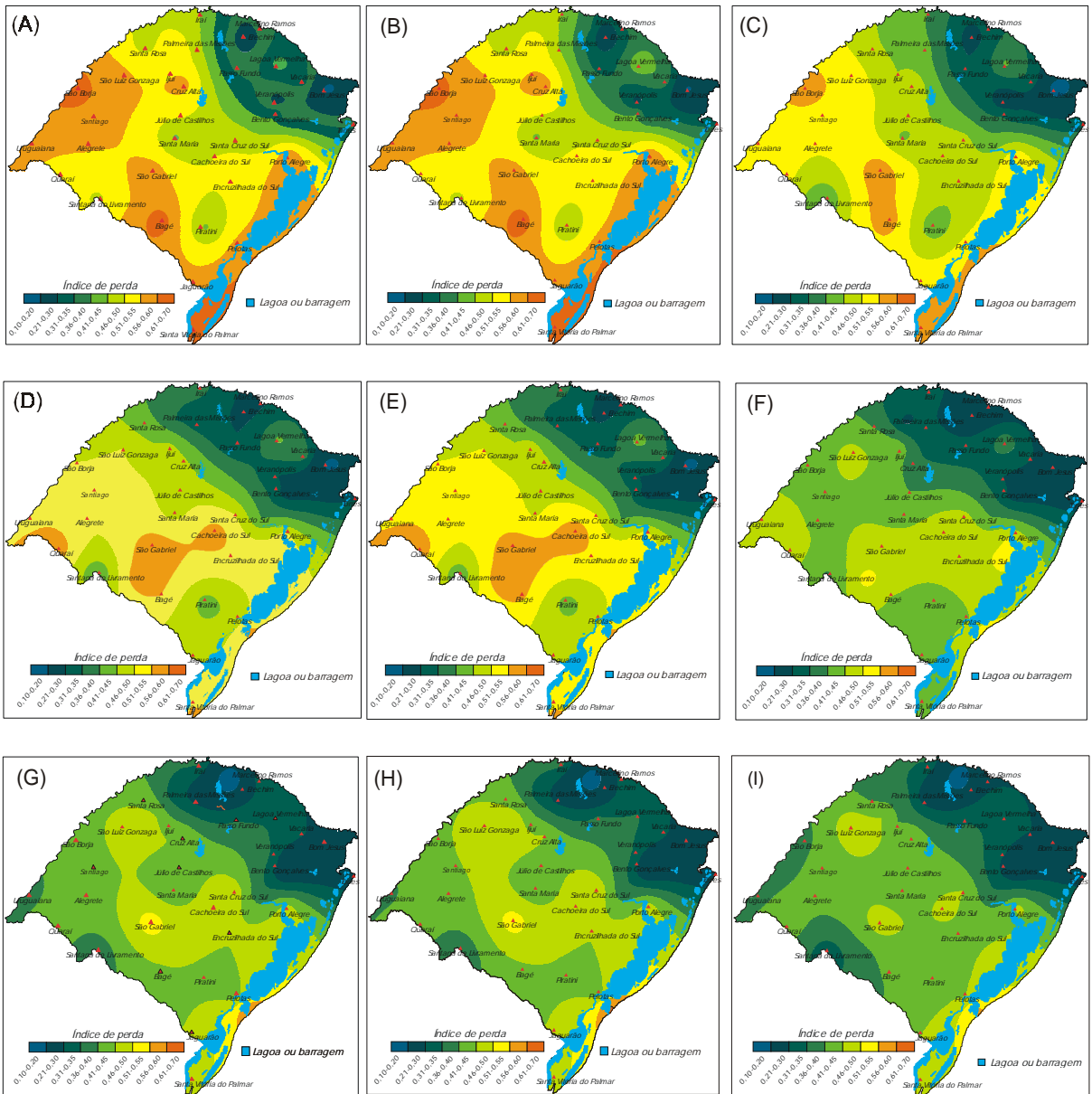
(CUNHA & HAAS, 1996; CUNHA et al., 1998; CUNHA et al., 1999), das cartas de riscos para semeadura de soja em função de deficiência hídrica e de tipo de solo e, particularmente, da reanálise de época de semeadura para soja, feita por BARNI & MATZENAUER (2000), considerando temperatura de solo e de ar, fotoperíodo e comportamento das atuais cultivares usadas pelos produtores (maiores estatura de planta e altura de inserção de legumes), ficou evidenciada a possibilidade de semeadura de soja no estado entre começo de outubro e fim de dezembro, embora maior rendimento seja alcançado com as semeaduras de novembro (BONATO et al., 1998).

As indicações de épocas de semeadura para soja no Rio Grande do Sul, integrantes da proposta de zoneamento agrícola para essa cultura, conforme ciclo das cultivares e tipo de solo, em nível de município, podem ser encontradas em REUNIÃO... (2001) e em CUNHA et al. (2001).



Destaca-se que essa indicação de períodos de semeadura para soja no Rio Grande do Sul foi baseada, quase que exclusivamente, no critério de disponibilidade hídrica para a cultura (regime pluvial x capacidade de armazenamento de água no solo). Isso não implica que, necessariamente, todos os municípios do estado incluídos nesse zoneamento apresentem o mesmo nível de potencial de rendimento, em decorrência de diferenças

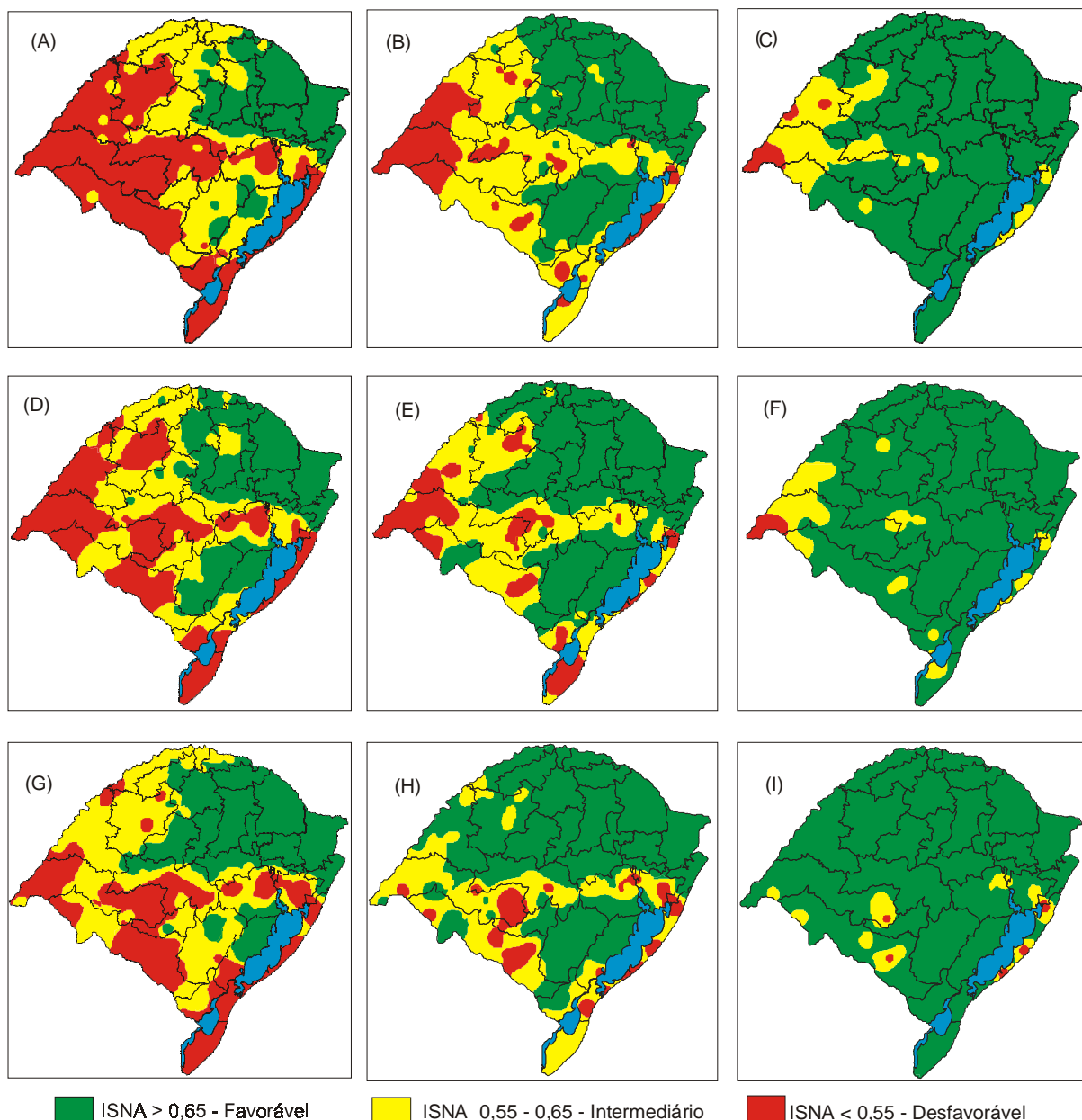
associadas com outras variáveis de solo, clima e manejo. Tampouco que, naqueles municípios em que são considerados como favoráveis os mesmos períodos de semeadura, indistintamente do tipo de solo, os riscos sejam iguais, pois, conforme já discutido, os solos com maior CAD suportam períodos mais prolongados de estiagem que aqueles que possuem menor capacidade de armazenamento de água.



**Figura 1.** Perda de potencial de rendimento em soja por deficiência hídrica (escala relativa 0 a 1, valores iguais ou menores, com probabilidade de 80%), considerando cultivares de ciclo precoce (A, D e G), médio (B, E e H) e semitardio/tardio (C, F e I); nas épocas de semeadura de 15 de outubro (A, B e C), 15 de novembro (D, E e F) e 15 de dezembro (G, H e I).

## Conclusões

- A disponibilidade hídrica limita a expressão do potencial de rendimento na cultura de soja no Rio Grande do Sul.
- Há diferenças regionais na magnitude de perda do potencial de rendimento na cultura de soja por deficiência hídrica.
- Há um gradiente de perda de potencial de rendimento em soja por deficiência hídrica, com aumento de magnitude no sentido de nordeste para sudoeste, com as maiores perdas ocorrendo na metade sul e na parte oeste, comparativamente às da metade norte e às da parte leste do estado.
- Na parte sul do estado, para as semeaduras de início e de meados de outubro e a partir de meados de novembro, há uma redução na magnitude da perda de potencial de rendimento.



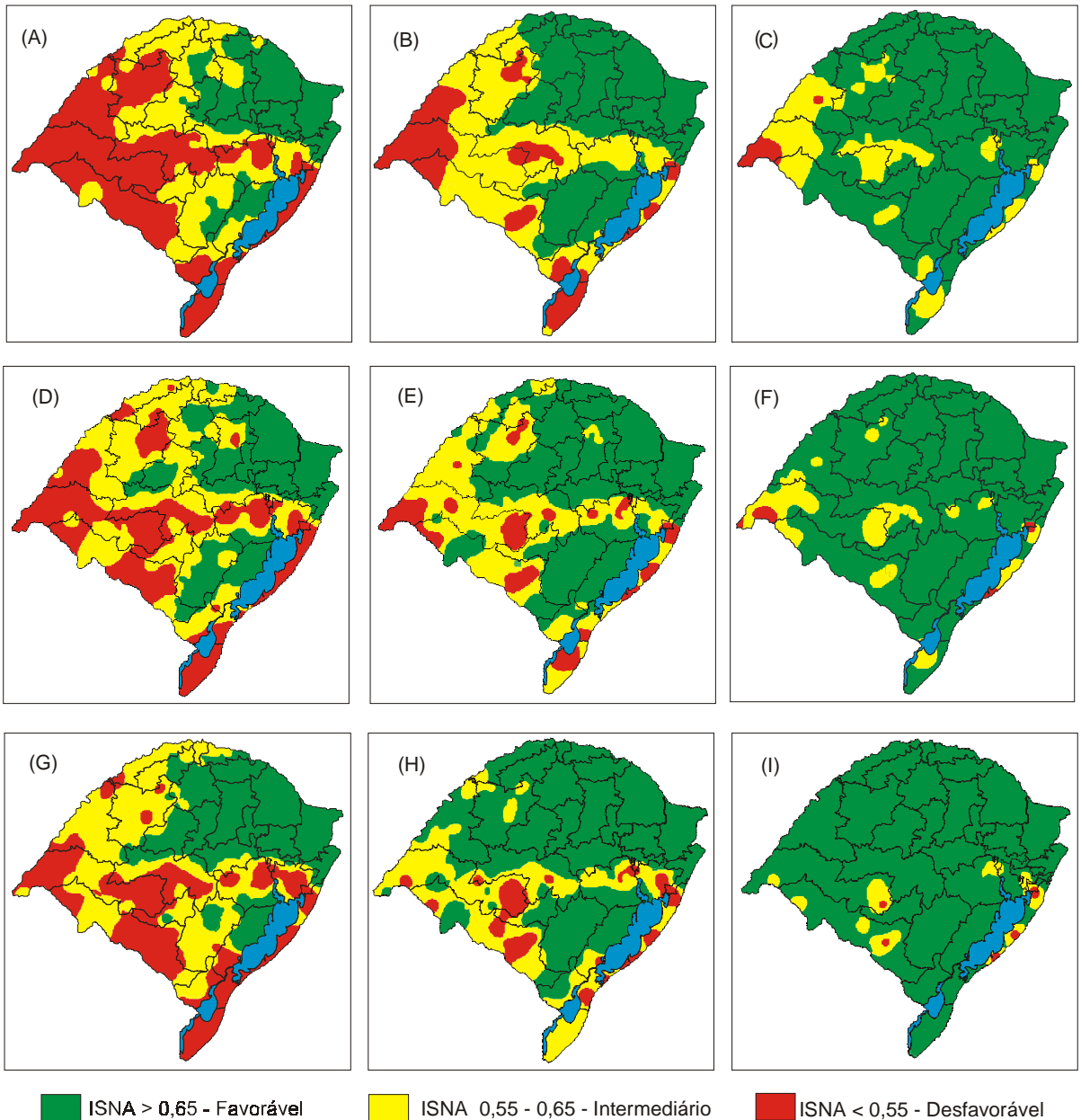
**Figura 2.** Caracterização de riscos climáticos (ISNA - Índice de Satisfação das Necessidades de Água) para cultivares de soja de ciclo precoce no Rio Grande do Sul, considerando a capacidade de água disponível (CAD) no solo de 35 mm (A, D e G), 50 mm (B, E e H) e 75 mm (C, F e I); nas épocas de semeadura de 15 de outubro (A, B e C), 15 de novembro (D, E e F) e 15 de dezembro (G, H e I).

dos de novembro, as perdas do potencial de rendimento são menores para as cultivares de ciclo semitardio/tardio, comparativamente às de ciclo precoce e às de ciclo médio.

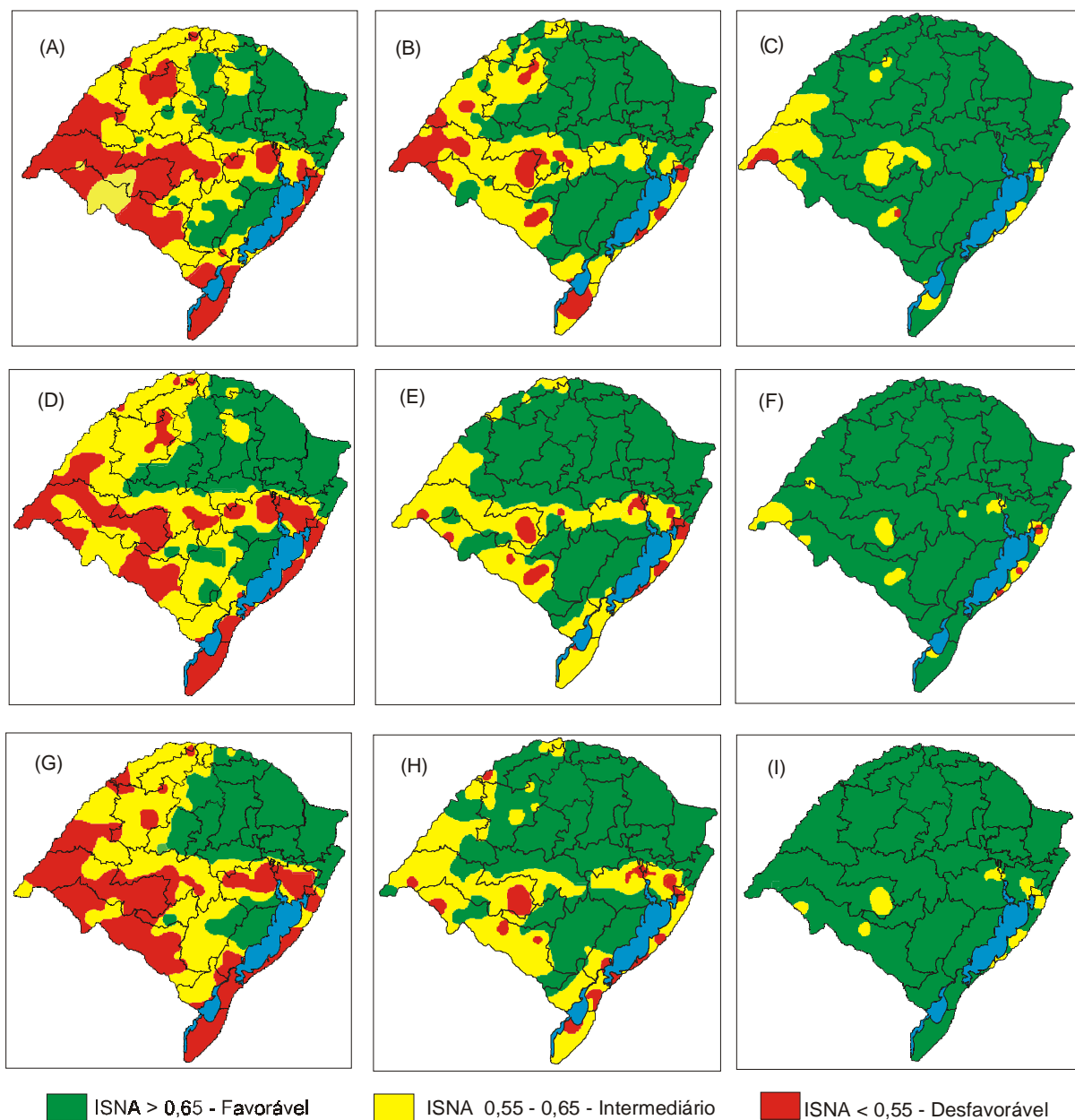
- Os municípios do estado incluídos no zoneamento não apresentam, necessariamente, o mesmo nível de potencial de rendimento, em decorrência de diferenças associadas com outras variá-

veis de solo, clima e manejo.

- A indicação do mesmo período de semeadura, para determinados locais, independentemente do tipo de solo, não implica em igual nível de risco, pois solos de maior capacidade de armazenamento de água garantem, em épocas de estiagem, as necessidades hídricas da cultura por período maior de tempo.



**Figura 3.** Caracterização de riscos climáticos (ISNA - Índice de Satisfação das Necessidades de Água) para cultivares de soja de ciclo médio no Rio Grande do Sul, considerando a capacidade de água disponível (CAD) no solo de 35 mm (A, D e G), 50 mm (B, E e H) e 75 mm (C, F e I); nas épocas de semeadura de 15 de outubro (A, B e C), 15 de novembro (D, E e F) e 15 de dezembro (G, H e I).



**Figura 4.** Caracterização de riscos climáticos (ISNA - Índice de Satisfação das Necessidades de Água) para cultivares de soja de ciclo semitardio/tardio no Rio Grande do Sul, considerando a capacidade de água disponível (CAD) no solo de 35 mm (A, D e G), 50 mm (B, E e H) e 75 mm (C, F e I); nas épocas de semeadura de 15 de outubro (A, B e C), 15 de novembro (D, E e F) e 15 de dezembro (G, H e I).

## Referências bibliográficas

- AVILA, A.M.H.; BERLATO, M.; SILVA, J.B. da et al. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.149-154, 1996.
- BARNI, N.A. Práticas agrícolas para minorar o impacto das secas e racionalizar a irrigação. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999. p.116-125.
- BARNI, N.A.; MATZENAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptados aos distintos ambientes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, n.2, p.189-203, 2000.
- BARON, C.; PEREZ, P.; MARAUX, F. **Sarrazon**: bilan hydrique applique au zonage. Montpellier: CIRAD-CA, 1996. 26p.
- BELTRAME, L.F.S.; LOUZADA, J.A.S. **Caracterização físico-hídrica dos solos formadores da várzea arrozeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 1996. 31p.
- BELTRAME, L.F.S.; TAYLOR, J.C.; CAUDURO, F.A. **Probabilidade de ocorrência de déficits e excessos hídricos em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 1979. 79p.
- BERGAMASCHI, H. Irrigação em soja: um tema que merece atenção. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, n.88, p.4-10, 1986.
- BERLATO, M.A. **Modelo de relação entre o rendimento de grãos da soja e o déficit hídrico para o estado do Rio Grande do Sul**. 1987. 93p. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1987.
- 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**. 1. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1992. p.11-24.
- 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: Ed. Universidade/UFRGS, 2.ed., 1999. 125p.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. El Niño oscilação sul e a agricultura da região sul do Brasil. In: BERRI, G.J. **Efectos de El Niño sobre la variabilidad climática, agricultura y recursos hídricos en el Sudeste de Sudamérica**. Buenos Aires: Ministerio de Cultura y Educación - Secretaría de Ciencia y Tecnología, 1997. p.27-30.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125, 1999.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Impacts of El Niño and La Niña on agricultural production in southern Brazil and the use of climate forecasts in agriculture. In: CUNHA, G.R.; HAAS, J.C.; BERLATO, M.A. (Ed.) **Applications of climate forecasting for better decision-making processes in agriculture**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. p.217-241.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C.; GONÇALVES, H.M. Relação entre o rendimento de grãos da soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.5, p.695-702, 1992.
- BISOTTO, V.; FARIAS, A.D. Algumas considerações sobre a cultura da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. 29., 2001. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2001/2002**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2001. p.7-17.
- BONATO, E.R.; BERTAGNOLLI, P.F.; IGNACZAK, J.C. **Análise conjunta dos ensaios de cultivares de soja recomendadas para o Rio Grande do Sul**. II. Ensaios realizados em três épocas de semeadura, em 1992/93. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. 23p.
- BONATO, E.R.; BERTAGNOLLI, P.F.; IGNACZAK, J.C. **Análise conjunta dos ensaios de cultivares recomendadas para o Rio Grande do Sul**. II. Ensaios realizados em três épocas de semeadura, em 1993/94. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. 24p.
- BONATO, E.R.; BERTAGNOLLI, P.F.; IGNACZAK, J.C. et al. Desempenho de cultivares de soja em três épocas de semeadura, no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.6, p.879-884, 1998.
- BONATO, E.R.; IGNACZAK, J.C. **Análise conjunta dos ensaios de cultivares recomendadas para o Rio Grande do Sul, realizados em 1991/92**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1992. 24p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p.
- CÂMARA, G.M. de S.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G.M. de S. (Coord.) **Soja: tecnologia da produção II**.

Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. 450p.

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.

COSTA, J.A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: ed. autor, 1996. 233p.

CUNHA, G.R.; BARNI, N.A.; HAAS, J.C. et al. **Zoneamento agrícola e calendário de semeadura para soja no Rio Grande do Sul, safra 2001/2002**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 6p. html (Comunicado técnico online, 80). Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/pco80.htm>> Acesso em: 19 mar. 2002.

CUNHA, G.R.; HAAS, J.C. **Zoneamento agrícola**: recomendações de épocas de semeadura de soja para o estado do Rio Grande do Sul – safra 1996/97. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 28p. (Documentos, 29).

CUNHA, G.R.; HAAS, J.C.; DALMAGO, G.A. et al. 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.

CUNHA, G. R.; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A. et al. **Cartas de perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 52p. (Boletim de pesquisa, 1).

DEDECECK, R. **Características físicas e fator de erodibilidade em oxissolos do Rio Grande do Sul**. 1974. 132 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1974.

DESCLAUX, D.; HUYNH, T.; ROUMET, P. Identificação of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. **Crop Science**, Madison, v.40, n.3, p.716-722, 2000.

DE SOUZA, P.I.; EGLI, D.B.; BRUENING, W.P. Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.5, p.807-812, 1997.

DOSS, B.D.; PEARSON, R.W.; ROGERS, H.T. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, n.2, p.297-299, 1974.

FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R. de et al.

Caracterização de risco climático nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.415-421, 2001.

GOMES, A. da S.; CABEDA, M.S.V. Sistema solo-águar em solos argilosos-escuros da campanha-sudoeste do Rio Grande do Sul. **Agros**, Pelotas, v.12, n.1, p.7-24, 1977.

LIER, Q. de J. van; DOURADO NETO, D. **BHIDRICO, versão 3.20**: balanço hídrico para culturas anuais e perenes. Piracicaba: USP-ESALQ, 1993. 1 Disquete.

MATZENAUER, R.; BARNI, N.A.; MACHADO, F.A. et al. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na região do Planalto Médio. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.263-275, 1998.

MOTA, F.S. da Condições climáticas e produção de soja no sul do Brasil. In: VERNETTI, F. de J. (Coord.) **Soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 463p.

MOTA, F.S. da; AGENDES, M.O de O.; ALVES, E.G.P. et al. 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. da; BEIRSDORF, M.I.C.; ACOSTA, M.J.C. et al. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas: IPEAS, 1974. 122 p. (Circular, 50).

MUNDSTOCK, C.M. **Influência de quatro épocas de semeadura em seis cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 1970. 69p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1970.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. et al. Estresses de ordem ecofisiológica. In: BONATO, E.R. (Ed.) **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 254p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 29., 2001, Porto Alegre. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2001/2002**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2001. 138p.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento/EMBRAPA-CNPT, 1994. 2 v. 307p.

SIONIT, N.; KRAMER, P.J. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.2, p.274-278, 1977.