

ISSN 0104-1347

## Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil

### Agricultural zoning and sowing dates for wheat in Brazil

Gilberto Rocca da Cunha<sup>1,2,3</sup>, João Carlos Haas<sup>1</sup>, Jaime Ricardo Tavares Maluf<sup>1</sup>, Paulo Henrique Caramori<sup>4,3</sup>, Eduardo Delgado Assad<sup>5</sup>, Hugo José Braga<sup>6</sup>, Jurandir Zullo Jr.<sup>7,3</sup>, Cláudio Lazzarotto<sup>8</sup>, Sérgio Gonçalves<sup>9</sup>, Marcos Wrege<sup>10</sup>, Dionísio Brunetta<sup>11</sup>, Sérgio Roberto Dotto<sup>11</sup>, Hilton Silveira Pinto<sup>7,3</sup>, Orivaldo Brunini<sup>12,3</sup>, Vera Magali Radtke Thomé<sup>6</sup>, Sérgio Luiz Zampieri<sup>6</sup>, Aldemir Pasinato<sup>13</sup>, Márcia Barrocas Moreira Pimentel<sup>13</sup> e Cristina Pandolfo<sup>9</sup>

**Resumo** - Um Programa de Zoneamento Agrícola para o Brasil, subsidiando a política de crédito e segurança rural, começou a ser posto em prática pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a partir da safra de inverno de 1996, com a cultura de trigo no sul do Brasil. Este artigo apresenta uma síntese dos trabalhos sobre zoneamento agrícola para trigo no Brasil elaborados para o MAPA, e as indicações de épocas de semeadura mais favoráveis. Os resultados de estudos sobre regionalização de riscos climáticos para a cultura de trigo, envolvendo a integração de técnicas de modelagem e simulação da cultura e ferramentas de geoprocessamento, são apresentados em nível municipal, com a definição de períodos favoráveis de semeadura, a partir de informações extraídas de mapas de risco de geadas na floração, de excesso de chuva na colheita, de seca e de golpe de calor, conforme o estado e a região do país. Para o sul do Brasil (RS, SC e PR), destacam-se como limitações climáticas a ocorrência de geadas, em particular na floração (antese), e o excesso de chuva por ocasião da colheita. A geada causa a queima de folhas, o estrangulamento de colmos e, atingindo os primórdios florais, impede a formação de grãos. Por sua vez, o excesso de chuvas no período de maturação e de colheita, além de diminuir o rendimento afeta negativamente as características de qualidade dos grãos. Também o risco de deficiência hídrica foi levado em consideração nos trabalhos referentes a SP, MS, GO, DF e MG.

**Palavras-chave:** riscos climáticos, regionalização, seguro agrícola, crédito rural, triticultura.

**Abstract** - A Program of Agricultural Zoning in Brazil aiming to subsidize government credit policies and rural security began during 1996 wheat growing season. The Brazilian Ministry of Agriculture-“Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)” was in charge of the program. This paper summarizes the studies on agricultural zoning for the wheat crop in Brazil

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS.

<sup>2</sup> Autor para correspondência: cunha@cnpt.embrapa.br

<sup>3</sup> Bolsista do CNPq-PQ.

<sup>4</sup> Pesquisador do IAPAR, Caixa Postal 481, CEP 86047-902 Londrina, PR.

<sup>5</sup> Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, CEP 13083-970 Campinas, SP.

<sup>6</sup> Pesquisador da Epagri, Caixa Postal 502, CEP 88000-000 Florianópolis, SC.

<sup>7</sup> Pesquisador do Cepagri/Unicamp, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Rua André Tosello, 209, CEP 13083-886 Campinas, SP.

<sup>8</sup> Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 661, CEP 79804-970 Dourados, MS.

<sup>9</sup> Pesquisador da UnB-Finatec/Zoneamento Agrícola - MAPA.

<sup>10</sup> Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96001-970 Pelotas, RS.

<sup>11</sup> Pesquisador da Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR.

<sup>12</sup> Pesquisador do IAC. Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas, SP.

<sup>13</sup> Analista de Sistemas da Embrapa Trigo.

*elaborated under MAPA request for indications of more favorable sowing dates. The regional analysis of climatic risks for wheat used a combination of modelling and simulation techniques and geoprocessing tools. As result, risk maps for frost at anthesis, rainfall excess at harvest, water deficiency, and heat wave were generated. Therefore, lower risks sowing dates were selected for each county based on information presented in the maps. In the southern states of Brazil (RS, SC, and PR) late frost, and the rainfall excess at harvest were highlighted as the main climate factor imposing wheat crop failure. The main frost injury to wheat are burning of leaves, damage to lower stem, death of growing point, and floret sterility that aborts formation of grains. The excess of rainfall in the repining period, besides decreasing the yield it affects negatively the characteristics of grain quality. The risk of water deficit was also taken in consideration in the referring studies for SP, MS, GO, DF, and MG states.*

**Key words:** *climatic risks, regional analysis, crop insurance, credit policy, wheat crop.*

## Introdução

Os problemas da triticultura brasileira são de natureza sistêmica, envolvendo uma forte interação entre componentes biofísicos e socioeconômicos, ao longo dos diferentes segmentos da cadeia produtiva. No primeiro grupo, enquadram-se a cultura propriamente dita (cultivares e suas características), os estresses bióticos causados por doenças, pragas e plantas daninhas, e os abióticos, ligados ao clima e ao solo. E, no segundo grupo, tem-se as relações de mercado, as macropolíticas (econômica, agrícola etc), a estrutura fundiária e, principalmente, a ação do homem, atuando como protagonista principal.

O êxito das soluções tecnológicas para os problemas do agronegócio de trigo no Brasil depende da eficiência do processo de transferência de tecnologia, que, para alcançar seus objetivos, precisa ser orientado por resultados de estudos que envolvem diferentes aspectos de regionalização e de zoneamento agrícola.

Apesar da plasticidade apresentada pelo trigo, em termos das características climáticas das diferentes regiões de cultivo no mundo (PASCALÉ, 1974), essa cultura tem o seu rendimento e até mesmo a sua viabilidade econômica fortemente influenciados pelas condições de clima. Esse aspecto é, particularmente, importante no Brasil, onde a cultura de trigo se estende em uma ampla região, abrangendo zonas temperadas, subtropicais e tropicais. Segundo MOTA (1989), os principais problemas climáticos para o trigo no Brasil são: excesso de umidade relativa em setembro/outubro, geadas no espigamento, chuva na colheita e granizo (na região temperada); umidade relativa elevada, geadas e seca no espigamento, bem como chuva na

colheita (na região subtropical); umidade relativa elevada no verão e temperatura do ar elevada durante o período de enchimento de grãos (na região tropical).

O rendimento de uma lavoura de trigo, matematicamente, pode ser obtido pelo produto entre o número de grãos por unidade de superfície e o valor médio da massa de um grão. Nesse particular, vários estudos (FISCHER, 1985 e SAVIN & SLAFER, 1991, por exemplo) têm demonstrado que o número de grãos por unidade de superfície é o componente dominante para explicar variações de rendimento em trigo. Outro aspecto fundamental para o entendimento da formação do rendimento em trigo foi a identificação da existência de um período crítico que se concentra num curto espaço de tempo que antecede à antese (FISCHER, 1985); mais propriamente no subperíodo delimitado pelos estádios de início de formação da espiguetas terminal e de antese.

O período crítico para a definição do rendimento potencial em trigo (espiguetas terminal-antese) se caracteriza como a etapa de crescimento da espiga no interior do colmo (pré-espigamento). Em lavouras, o começo desse importante subperíodo quase que, invariavelmente, coincide com o início da alongação dos colmos, na ocasião em que há a elevação do ponto de crescimento acima da superfície do solo. Ainda cabe destacar que a maior parte dos avanços obtidos no aumento do rendimento potencial de trigo no mundo, via programas de melhoramento genético, foram alcançados graças às mudanças ocorridas nessa etapa de crescimento da espiga, principalmente envolvendo modificações no padrão de partição de assimilados fotossintéticos, com maior direcionamento para as espigas (SLAFER et al., 2001).

O ambiente, principalmente o clima, não influencia apenas o rendimento físico da cultura de trigo, mas também as suas características de qualidade industrial. Este fato tem sido destacado por diversos autores, como BOLLING (1974), LINHARES & NEDEL (1989), PETR (1991) e GUARIENTI (1996), entre outros; chegando-se à conclusão de que o clima pode definir áreas para a produção de trigo com diferentes níveis de probabilidade de obtenção de determinados padrões de qualidade industrial.

Prejuízos ao rendimento físico e ao padrão de qualidade industrial dos grãos, por eventos de natureza climática adversa, particularmente, quando coincidem com os períodos críticos do desenvolvimento, têm sido frequentes na história da triticultura no Brasil. Esse fato decorre do impacto da variabilidade climática extrema sobre a cultura, fazendo com que, em cada local, exista um nível de risco inerente às suas características climáticas e à sensibilidade dos materiais cultivados.

Uma tentativa pioneira, visando delimitar as regiões para produção de trigo no Brasil, com base em informações de clima e de solo, foi realizada por KALCKMANN et al. (1965). Nesse trabalho, os autores classificaram as regiões geográficas, sob ponto de vista da produção de trigo na época, da seguinte maneira: (I) regiões boas produtoras de trigo; (II) regiões potencialmente boas produtoras de trigo; (III) regiões que contribuem, em pequena escala, para a produção de trigo; (IV) regiões que poderão ser produtoras, desde que sejam criadas cultivares com exigências diferenciadas; e (V) regiões das quais não se pode esperar produção de trigo.

MOTA (1969) apresentou uma caracterização climática do Brasil para a cultura de trigo, com base nas exigências das cultivares testadas no país até então. Destacou que existem diferenças climáticas entre as diversas regiões produtoras de trigo no Brasil. E que essas diferenças influem no rendimento de grãos, na escolha das cultivares e nas práticas de manejo da cultura.

Tendo em vista a importância dos zoneamentos agroclimáticos, diversos trabalhos para trigo no Brasil foram realizados. Por exemplo, entre outros, MOTA et al. (1968), para o planalto gaúcho; de

MOTA et al. (1974), para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina; IDE et al. (1980), para Santa Catarina; PETRUCCI et al. (1980) e (1989), para o Paraná e ANTUNES & SOUZA (1979) para Minas Gerais. Além destes, considerando-se o Brasil como um todo, destacam-se os trabalhos de MOTA (1969); CAMARGO et al. (1977) e MOTA (1989).

Foi num ambiente caracterizado por taxas de sinistralidade elevadas, 16,27% nas culturas de verão e 21,64% nas culturas de inverno, conforme GÖEPFERT et al. (1993), que causavam dispêndios ao Tesouro Nacional da ordem de R\$ 150 milhões por ano, para complementar os recursos arrecadados com o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO) frente aos gastos com pedidos de cobertura (ROSSETTI, 1997, 1998 e 2001), que o Governo Federal resolveu implementar um programa de Zoneamento Agrícola para o Brasil.

Unificando princípios e conceitos, o Programa de Zoneamento Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) foi um meio eficiente de colocar o conhecimento científico sobre Zoneamento Agrícola no Brasil à disposição dos usuários. Via integração da política de crédito e securidade rural e orientações sobre períodos de semeadura por município, cultura/cultivar e tipo de solo, atuando como mecanismo indutor de tecnologia, o Programa de Zoneamento Agrícola do MAPA, por evitar as principais adversidades climáticas, possibilitou substancial redução no elevado porcentual de perdas, anteriormente observado, na agricultura brasileira (CUNHA, 1999 e ROSSETTI, 2001).

O Zoneamento Agrícola do MAPA começou com a cultura de trigo na safra de inverno de 1996. Este artigo sintetiza os estudos que, desde então, deram sustentação científica à implementação operacional da proposta do MAPA de Zoneamento Agrícola para trigo no Brasil. Especificamente, os trabalhos de CUNHA & HAAS (1996), THOMÉ et al. (1996), CUNHA et al. (1997a e 1997b), GONÇALVES et al. (1998), CUNHA et al. (1998), CUNHA et al. (1999a e 1999b), ZULLO Jr. et al. (1999) e as notas técnicas publicadas em ZONEAMENTO AGRÍCOLA (2001).

## Material e métodos

Para cada estado serão descritos os principais aspectos considerados na realização dos trabalhos de zoneamento agrícola para a cultura de trigo, que subsidiaram as indicações de períodos favoráveis de semeadura, conforme definidos em portarias publicadas anualmente pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

### Rio Grande do Sul

Foram usados, de forma integrada, modelos de simulação de crescimento e desenvolvimento de culturas - DSSAT: CERES-Wheat – (TSUJI et al., 1994) e técnicas de geoprocessamento, para espacialização dos índices de zoneamento e mapeamento final.

Definiram-se como riscos climáticos à cultura de trigo, no Rio Grande do Sul, a ocorrência de geada no período de espigamento (período crítico de 15 dias: 10 dias antes da antese e 5 dias após esse estágio) e o excesso de chuva no período de colheita (período crítico de 15 dias: intervalo entre o estágio de maturação fisiológica e 15 dias após).

**a) Índice de risco de geada (IG)** - baseado na frequência de ocorrência, no período crítico, de faixas de temperatura mínima absoluta ( $T_m$ ) registrada em abrigo meteorológico, com a seguinte ponderação:

- $T_m$  entre 2 °C e 0 °C, peso 1;
- $T_m$  entre 0 °C e -2 °C, peso 2;
- $T_m$  abaixo de -2 °C, peso 3.

$$IG = 1 (f_1) + 2 (f_2) + 3 (f_3),$$

Sendo  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  a frequência (%) de ocorrência de  $T_m$ , nas respectivas faixas acima descritas.

**b) Índice de risco de excesso de chuva na colheita (IC)** - definido como problema a ocorrência, no período crítico, de forma isolada ou combinada, das seguintes situações:

- Chuva entre 75-150 mm e mais de 10 dias com chuva;
- Chuva maior do que 150 mm e mais de 5 dias com chuva;
- IC = frequência (%) de ocorrência das condições especificadas.

Para 36 localidades do estado, com séries históricas de observações meteorológicas diárias entre 20 e 30 anos (Rede do INMET – 8º DISME e FEPAGRO – RS), foram analisadas simulações matemáticas de desenvolvimento da cultura de trigo, geradas por meio do modelo CERES-Wheat, considerando-se semeaduras entre abril e agosto. Como representativos de semeaduras no primeiro, segundo e terceiro decêndios de cada mês, foram especificados os dias 5, 15 e 25, respectivamente.

Consideraram-se como objeto de busca de escape, em função do período de semeadura, as condições de  $IG > 60$  (frequência 20%) e  $IC > 20$  (frequência 20%) combinadas, ou seja, situação de alto risco ocorrendo em 20% dos anos.

### Santa Catarina

Para o zoneamento da cultura de trigo em Santa Catarina, usaram-se dados de 26 estações agrometeorológicas, com períodos de observação variáveis de 10 a 30 anos, para montar uma série histórica de dados que representem o clima nas diversas regiões do estado; no caso de precipitação pluvial foram considerados ainda dados de 187 estações da ANEEL. Os índices utilizados para delimitar as regiões de aptidão para trigo foram determinados por meio de revisão bibliográfica juntamente com as respostas biológicas observadas por técnicos da Epagri. Para se chegar aos períodos favoráveis de semeadura os índices adotados foram calculados decendialmente. Utilizou-se o *software* ZonExpert 1.0 desenvolvido por PANDOLFO et al. 1999, como ferramenta auxiliar para cálculo e estimativa das variáveis climatológicas e cruzamento com os critérios da cultura.

Os solos foram classificados em três grupos de acordo com a capacidade de armazenamento de água: Tipo 1 – solos de textura arenosa (baixo armazenamento), Tipo 2 – solos de textura média (médio armazenamento) e Tipo 3 – solos de textura argilosa (elevado armazenamento).

O princípio de funcionamento do *software* ZonExpert 1.0 é de simular o crescimento e desenvolvimento de uma determinada cultura em períodos de 10 dias (decêndios), de acordo com as condições climáticas observadas e/ou estimadas de uma determinada região e as necessidades climáti-

cas da cultura a ser zoneada. Na simulação, o sistema analisa as exigências climáticas da cultura, para cada estágio, com as condições climáticas prováveis da região, que ocorrerão quando a planta atingir o estágio que está sendo analisado. Caso as condições climáticas do local atendam às exigências da cultura, o sistema aprova o decêndio para aquele local específico e inicia simulação para o próximo decêndio. Quando essas exigências da cultura não forem satisfeitas, o sistema considera o decêndio não recomendado para semeadura.

O risco de ocorrência de excesso de chuva na colheita foi avaliado, calculando-se a frequência do número de dias com chuva no decêndio de interesse, utilizando-se os dados das estações pluviométricas da ANNEL

As temperaturas mínimas absolutas (em abrigo) de cada decêndio foram agrupadas por classes acumuladas e posteriormente calculadas as suas frequências em cada classe (por diferença) para compor o índice de geadas:

- Tm entre 2° C e 0° C, peso 1;
- Tm entre 0° C e -2° C, peso 2;
- Tm abaixo de -2° C, peso 3;

onde  $IG = 1 (f1) + 2 (f2) + 3 (f3)$ .

Para estimar a frequência de geadas para os locais do estado nos quais não existem estações meteorológicas, foram desenvolvidas equações de regressão relacionando as frequências de ocorrência de temperaturas mínimas com latitude, longitude e altitude.

As variáveis climáticas pertinentes aos critérios modelados para a cultura de trigo foram:

- o ciclo total da cultura foi considerado como sendo de 140 dias;
- a temperatura mínima média do 3° ao 7° decêndio deve ser igual ou inferior a 10°C;
- a temperatura média do 9° ao 14° decêndio deve ser igual ou inferior a 19°C;
- o índice de geadas no 8° ao 9° decêndio deve ser igual ou inferior a 0,8 ou 80%.

A precipitação nos 13° e 14° decêndios, separadamente, deve ser inferior a 75 mm, ou estar entre 75 e 135 mm e ter uma frequência de mais de oito dias com chuva inferior a 25% ou precipitação superior a 135 mm e ter uma frequência de

mais de seis dias com chuva inferior a 25%.

## Paraná

As seguintes informações foram obtidas e analisadas:

### a) Dados de experimentação

As análises de risco climático descritas nos demais itens a seguir foram baseadas em experimentos sobre épocas de semeadura para a cultura de trigo no Paraná e dados de rendimento de grãos, conduzidos pelas equipes do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Soja) e Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico (COODETEC). Esses dados permitiram escolher, para as diferentes regiões, faixas de semeadura em que há condições de obtenção de rendimentos elevados, para as quais foram calculados os riscos climáticos. O acervo de dados experimentais possibilitou, também, classificar as durações médias dos ciclos de cultivares em dois grupos, denominados precoce e intermediário. Para cada grupo, calculou-se a duração média dos períodos emergência-espigamento e espigamento-colheita, para diversos locais e épocas de semeadura, com a finalidade de estimar riscos nas diferentes fases do ciclo da cultura.

### b) Tipos de solo

A partir da caracterização de perfis representativos dos principais grupos de solos que ocorrem no Paraná (HAMAKAWA, 1997), estes foram classificados em três grupos, quanto à capacidade de retenção de água no perfil:

- Grupo 1 - Solos de textura arenosa, com 7% de água disponível na região radicular;
- Grupo 2 - Solos de textura média, com 10% de água disponível na região radicular;
- Grupo 3 - Solos de textura argilosa, com 12% de água disponível na região radicular.

Essas informações foram utilizadas para calcular os balanços hídricos em diversos locais e épocas de semeadura, conforme descrito a seguir.

### c) Elementos meteorológicos

Visando a quantificar os riscos climáticos e

identificar regiões e períodos de semeadura mais indicados para o cultivo de trigo, foram analisadas séries históricas de estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento (SUDERHSA). Os seguintes elementos foram considerados:

#### c.1) Risco de geadas no espigamento.

No ciclo da cultura, foi considerado início de espigamento a data quando cerca de 50% das espigas saem da bainha como sendo mais crítico. Foram utilizados dados históricos de 32 estações do IAPAR (GONÇALVES et al., 1997), para calcular a probabilidade de ocorrerem temperaturas mínimas inferiores a 3 °C, no interior do abrigo meteorológico. Devido à inversão térmica, temperaturas inferiores a este valor geralmente estão associadas à ocorrência de geadas (GRODZKI et al., 1996). Foram calculadas as probabilidades de ocorrência de geadas por decêndio, as quais foram correlacionadas com a altitude e a latitude das estações, obtendo-se regressões lineares múltiplas para cada decêndio. Essas regressões foram então utilizadas para gerar mapas detalhados de níveis de risco de geadas no período de espigamento, em função da altitude e latitude do local, utilizando como base um mapa contendo valores médios de altitude para *pixels* com aproximadamente 800 m x 800 m. A interpolação dos valores e geração de isolinhas de risco foram feitas pelo método de interpolação Kriging. Admitiu-se risco máximo de 30% de ocorrência de geadas para indicar a semeadura em um dado decêndio.

#### c.2) Excesso de chuvas na colheita.

Considerou-se que há perdas na colheita quando ocorrerem as seguintes condições nos últimos 15 dias do ciclo (CUNHA et al., 1997a):

- Chuva acumulada entre 75 e 150 mm e número mínimo de 10 dias com chuva.
- Chuva acumulada maior que 150 mm e número mínimo de cinco dias com chuva.

Utilizando os dados pluviométricos de 80 estações, calculou-se a probabilidade de ocorrerem excessos de chuvas ao longo do ano, analisando-se períodos móveis de 15 dias com passo 1 (1-15, 2-16, 3-17 etc.). Dentro da época recomendada

para semeadura, foram estimadas as durações do ciclo para semeaduras efetuadas a cada 10 dias e observou-se o risco de perdas na colheita. Os valores obtidos foram utilizados para regionalizar os riscos para cada época de semeadura.

#### c.3) Deficiência hídrica.

Utilizou-se um modelo de balanço hídrico adaptado para o trigo, para estimar as necessidades hídricas dessa cultura (OLIVEIRA & VILLA NOVA, 1996 e WREGGE et al., 1997). Nesse modelo, os valores de coeficiente de cultura (Kc) foram definidos para cada fase da cultura de trigo, com valores fixos ou em função da duração relativa do ciclo (D), por meio das seguintes expressões:

- Fase I - (7,7% do ciclo total) -  $Kc = 0,35$ ;
- Fase II - (7,7% a 34,6% do ciclo total) -  $Kc = 0,1357 + 2,7664.D$ ;
- Fase III - (34,6% a 69,2% do ciclo total) -  $Kc = 1,10$ ;
- Fase IV - (69,2% a 100% do ciclo total) -  $Kc = 3,0055 - 2,7616.D$ .

Considerou-se a CAD variável de acordo com o tipo de solo e o desenvolvimento do sistema radicular. Admitiu-se que a profundidade inicial das raízes era 20 cm, evoluindo exponencialmente até 50 cm no espigamento e permanecendo estável até o fim do ciclo.

O modelo foi executado para cultivares de ciclo precoce e intermediário. Foram analisadas um total de 12 épocas de semeadura por ciclo, com início nos dias 1º, 11 e 21 de cada mês, entre 21 de março e 21 de julho. Partindo-se do início do período de semeadura, foram simulados balanços hídricos diários durante o ciclo da cultura. As frequências de deficiência hídrica nos períodos de estabelecimento (emergência + 30 dias) e  $\pm 10$  dias do espigamento foram utilizadas para caracterizar os riscos devidos a esse fator.

As melhores épocas de semeadura foram definidas como aquelas em que o risco de ocorrência de geadas em torno do espigamento foi inferior a 30% e a combinação dos demais fatores de risco foi a menor possível, durante o período de semeadura em que os dados experimentais indicavam condições potenciais de se obter os maiores rendimentos.

## São Paulo

No zoneamento agrícola para a cultura de trigo no estado de São Paulo, sob condição de sequeiro, foram definidas épocas de semeadura para cultivares de ciclo precoce (duração aproximada de 120 dias) e normal (duração aproximada de 130 dias), em três tipos principais de solo (arenoso, médio e argiloso).

Os períodos considerados favoráveis para a semeadura de trigo são aqueles que atenderam aos seguintes requisitos:

a) índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) igual ou superior a 0,55 na fase de florescimento e produção para uma frequência de ocorrência igual ou superior a 80% dos casos analisados;

b) temperatura mínima média durante todo o ciclo igual ou superior a 9 °C;

c) temperatura máxima média na fase de florescimento e produção igual ou inferior a 28 °C;

d) probabilidade de ocorrência de excesso de chuvas na colheita (50 mm em pelo menos 3 a cada 5 dias) igual ou inferior a 25%. Esta verificação foi feita nos três quinquênios subsequentes ao fim do ciclo de 90 dias, visto que os períodos de semeadura têm duração de 10 dias cada.

## Mato Grosso do Sul

O trabalho de zoneamento agrícola para a cultura de trigo no estado de Mato Grosso do Sul baseou-se em resultados de experimentos conduzidos em 11 locais, de 1986 a 1989, compreendendo semeaduras entre março e maio, e em estudos de probabilidades de ocorrência de geada (CAMARGO et al., 1980).

Para fins de recomendação de épocas de semeadura, o estado de Mato Grosso do Sul foi dividido em quatro regiões tritícolas, considerando-se trigo irrigado e não irrigado.

## Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais

Para trigo de sequeiro (safrinha), foram utilizados os seguintes dados: a) precipitação pluvial: séries históricas de, no mínimo, 15 anos de dados diários de 143 estações pluviométricas para GO e

389 estações para MG, fornecidos pela ANEEL e INMET; b) evapotranspiração de referência: foi estimada pelo método Pennam-Monteith; c) coeficientes de cultura: para condições de campo (valores médios), assumindo o ciclo médio de 100 dias. Foi considerado apenas um ciclo, uma vez que no período em que se fez a simulação, a diferença entre as cultivares quanto ao ciclo é pouco variável; d) disponibilidade de água: os solos foram agrupados segundo a capacidade de armazenamento de água, sendo considerado somente aqueles com elevada capacidade de armazenamento de água (40 mm), os chamados solos de textura argilosa (> 35% de argila) e classificados como Tipo 3.

Foram estimados os índices de satisfação das necessidades de água (ISNA), definidos como a relação entre a evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) e a evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>m</sub>), por meio de um modelo de simulação (Sarrazon) de balanço hídrico da cultura.

Para definição dos níveis de risco agroclimático, foram estabelecidas três classes, de acordo com a relação ET<sub>r</sub>/ET<sub>m</sub> obtida: ISNA > 0,60 - Região agroclimática favorável, com pequeno risco climático; 0,50 > ISNA > 0,40 - Intermediária, com médio risco, e ISNA < 0,40 - Desfavorável, com alto risco climático.

Para a espacialização dos resultados, foram empregados os ISNA estimados para o período fenológico compreendido entre a floração e o enchimento de grãos (período mais crítico ao déficit hídrico), com frequência mínima de 80% nos anos utilizados em cada estação pluviométrica. Cada valor de ISNA observado durante esta fase, foi associado à localização geográfica da respectiva estação para posterior espacialização dos mesmos.

A duração do ciclo normal da cultura foi de 100 dias distribuídos em quatro fases fenológicas: Estabelecimento (15 dias), Crescimento (25 dias), Florescimento e Produção (35 dias), Maturação e Senescência (25 dias).

Foi utilizado um sistema de informações geográficas (SPRING/INPE) para a geração dos mapas de ISNA e da altitude. A partir do módulo de Modelo Numérico de Terreno – MNT, disponível no SIG e com a utilização da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico, foi possível efetuar os cruzamentos destes temas e gerar

os mapas finais do zoneamento de trigo de sequeiro, nos quais foram identificados os municípios recomendados. As regiões favoráveis para a semeadura foram aquelas que atenderam os seguintes requisitos: altitudes iguais ou maiores a 800 metros e ISNA > 0,60.

## Resultados e discussão

### Rio Grande do Sul

A semeadura de trigo, no Rio Grande do Sul, dá-se entre maio e julho, dependendo da região, começando pela parte mais quente do estado, fronteira noroeste, e terminando na região mais fria, Campos de Cima da Serra.

Os dois riscos climáticos considerados neste estudo – geada na floração e excesso de chuva na colheita – apresentam magnitudes diferentes em nível regional, dependendo da época de semeadura: em maio, em junho ou em julho.

Para as semeaduras de maio constatou-se que os riscos de geada na floração são elevados (maiores que 20 %) em duas regiões, particularmente quando realizadas no começo de maio, em especial no nordeste do estado (Campos de Cima da Serra e Planalto Médio) e sudeste do estado (Campanha, região de fronteira com o Uruguai e com a Argentina). Gradativamente, com as semeaduras a partir de meados de maio, os riscos de geada na floração diminuem sua abrangência, permanecendo ainda elevados nas regiões citadas. Por sua vez, nas semeaduras em junho, os riscos de geada na floração considerados elevados (maiores que 20 %) diminuem ainda mais sua zona de abrangência, tornando-se restritos às semeaduras de julho, quando desaparecem a partir de semeaduras após a metade desse mês.

De modo geral, para os riscos de chuva na colheita, observou-se que a probabilidade de haver problemas na época de colheita são maiores na metade norte do estado. Isso porque chove mais na parte norte do Rio Grande do Sul (BERLATO, 1992), quando, na primavera, passam a atuar os complexos de meso-escala que se formam no Paraguai e se deslocam para o sul, atingindo com chuvas de grande intensidade a região da fronteira noroeste do RS.

No Rio Grande do sul, são considerados aptos para o cultivo de trigo os seguintes tipos de solo:

- Tipo 2: Latossolos Vermelho-escuro (<35% de argila) e Latossolos Vermelho-amarelo;
- Tipo 3: Latossolos Vermelho-escuro com textura argilosa (>35% de argila), Latossolos Roxo, Podzólicos Vermelho-amarelo, Podzólicos Vermelho-escuro, Solos Litólicos, solos Cambissolos, Cambissolos Eutróficos e Solos Aluviais.

Por meio do cruzamento das cartas de risco de geada na floração e de excesso de chuva no período que precede à colheita, foi possível definir, para cada local do estado, períodos para a semeadura de trigo em que os níveis de risco, em 80% dos anos, ficassem abaixo da situação de alto risco e fossem minimizados, conforme constam na Figura 1. Esses resultados integraram as recomendações da Comissão Sul-brasileira de Pesquisa de Trigo, safras de 1996 a 2001, podendo também ser encontrados, por exemplo, em CUNHA & HAAS (1996), CUNHA et al. (1997b) e CUNHA et al., (1999b).

### Santa Catarina

O zoneamento agrícola de Santa Catarina baseou-se na definição das regiões agroecológicas e suas sub-regiões (agroecossistemas) estabelecidas com a finalidade de agrupar municípios com características homogêneas (clima, geomorfologia, capacidade de uso do solo etc.) em um total de cinco grandes regiões agroecológicas e 11 sub-regiões. Especificamente para a cultura de trigo, foram estabelecidas 10 sub-regiões de cultivo. Nestas sub-regiões, os períodos favoráveis de semeadura (Figura 2) foram definidos com base em dados experimentais, em risco de geada no espigamento (20% de ocorrência de geada forte), em déficit hídrico antes do espigamento, em excesso hídrico na maturação, em tipo de solo e na altitude.

A semeadura de trigo em Santa Catarina é realizada nos meses de maio a agosto, conforme a região agroecológica. O objetivo dessa variação é permitir, principalmente, o escape do período crítico para trigo (espigamento) das geadas tardias, que podem comprometer o rendimento dessa cultura. Exceto em alguns anos, as regiões agroecológicas



para trigo em SC não apresentam problemas de seca para a cultura.

Os tipos de solo considerados aptos para o cultivo de trigo em Santa Catarina são os seguintes:

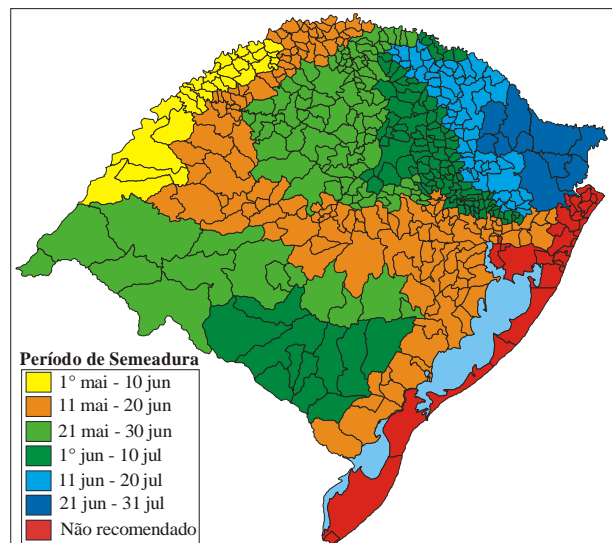
- Tipo 2: Latossolos Vermelho-amarelo;
- Tipo 3: Brunizem e Brunizem-avermelhado, Cambissolos e Cambissolos Eutróficos; Latossolos Bruno Câmbicos, Latossolos Bruno Roxo, Latossolos Brunos, Latossolos Roxo e Latossolos Vermelho-escuro de textura argilosa (>35% de argila); solos Litólicos; Podzólicos Bruno-acinzentado, Podzólicos Vermelho-amarelo, Podzólicos Vermelho-escuro e Podzólicos Vermelho-amarelo Latossólicos; Terra Bruna Estruturada,

Terra Bruna Roxa Estruturada, Terra Bruna Vermelha-escura Estruturada e Terra Roxa Estruturada.

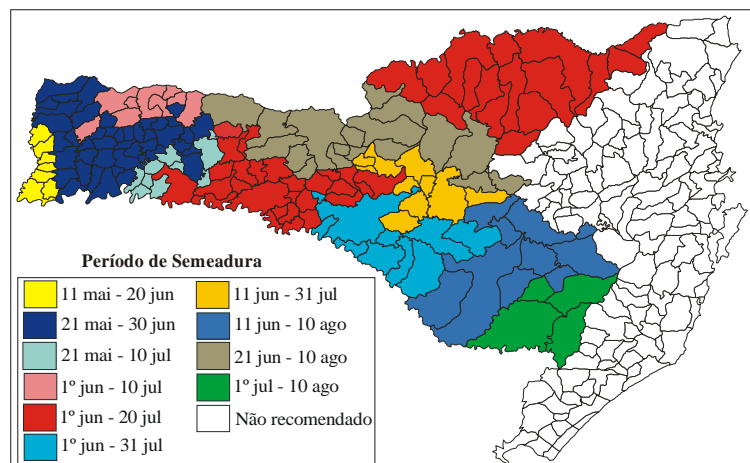
Os períodos de semeadura por município considerado com aptidão para a produção de trigo em Santa Catarina podem ser encontrados em THOMÉ et al. (1996) e ZONEAMENTO AGRÍCOLA (2001).

## Paraná

Usando-se como referência mapas de risco de geadas no espigamento, para 11 períodos de semeadura, entre 1° de abril e 10 de julho, foram consideradas como áreas não indicadas aquelas que apresentaram riscos superiores a 30%, dentro de cada decêndio. De modo geral, verificou-se que o risco de geadas aumenta proporcionalmente à altitude e à latitude. As regiões localizadas ao norte de 24°S apresentaram riscos de geadas menores que 30%, para todas as épocas analisadas. Verificou-se também que para uma mesma época de semeadura, o período de florescimento das cultivares precoces ocorre aproximadamente dez dias mais cedo em relação às de ciclo intermediário. À medida que se desloca do norte para o sul, evidenciou-se a necessidade de se realizar a semeadura mais tarde, para fugir dos elevados riscos de geadas no espigamento. Por exemplo, enquanto em Londrina pode-se proceder a semeadura, com baixo risco, entre fim de março e meados de maio, em Cascavel e região, o risco cai abaixo de 30% somente a partir de 20 de maio, e em Palmas e região, isso ocorre depois de 20 de junho. Ainda, dentro da mesma faixa de latitude, as áreas com maiores altitudes possuem riscos mais elevados e períodos mais prolongados sujeitos às geadas, requerendo épocas de semeadura mais tardias.



**Figura 1.** Zoneamento agrícola e períodos de semeadura para a cultura de trigo no Rio Grande do Sul.



**Figura 2.** Zoneamento agrícola e períodos de semeadura para a cultura de trigo em Santa Catarina.

Quanto aos riscos de deficiência hídrica no período de estabelecimento (até 30 dias após a semeadura), comparando-se as diversas regiões do PR, constatou-se que são maiores no norte, representado pelas estações de Bela Vista do Paraíso, Cambará, Joaquim Távora, Apucarana e Londrina. Os riscos são muito pequenos no oeste, e praticamente nulos no sul do

estado. No caso do norte, o risco é menor para as sementeiras mais precoces, com tendência de aumentar até ao redor de 20%, quando realizada no final de abril, e diminuindo após essa data. Embora os menores riscos nas sementeiras mais tardias, dados experimentais indicam que outros fatores acabam interferindo com mais intensidade, tais como falta de chuva em julho e agosto, excesso de chuvas na colheita e temperaturas elevadas, comprometendo o rendimento de grãos.

De maneira geral, os riscos de deficiência hídrica no espigamento são maiores quanto mais tardias forem as sementeiras. No norte os riscos são mais elevados, variando entre 20% para sementeiras realizadas no final de março-início de abril, até 60% para sementeiras no início de julho. Nessa região, considerando-se os baixos riscos de geada, fica evidente que a sementeira antecipada representa riscos sensivelmente menores.

Os resultados mostraram que os riscos de excesso de chuvas na colheita são menores no norte e no oeste do PR, indicando a possibilidade de ob-

tenção de grãos com melhor qualidade nestas regiões. Os dados apresentam considerável variabilidade, mas mostram que, em geral, sementeiras antecipadas possibilitam menores riscos. No sul do estado, não foi possível identificar uma época com um período claramente definido de menor risco, devido à grande variabilidade dos resultados.

Os tipos de solo considerados aptos para o cultivo de trigo no Paraná são:

- Tipo 2: Latossolos Vermelho-escuro (< 35% de argila), Latossolos Vermelho-amarelo, Latossolos Vermelho-escuro com textura argilosa (> 35% de argila) e Latossolos Roxo;
- Tipo 3: Podzólicos Vermelho-amarelo, Podzólicos Vermelho-escuro, Cambissolos Eutróficos e Solos Aluviais.

Tendo como base, principalmente, a frequência de geadas e com o apoio de dados de latitude, de altitude, de deficiência e de excedente hídrico, de tipos de solo e de resultados de experimentos, foram identificadas nove zonas homogêneas quanto às

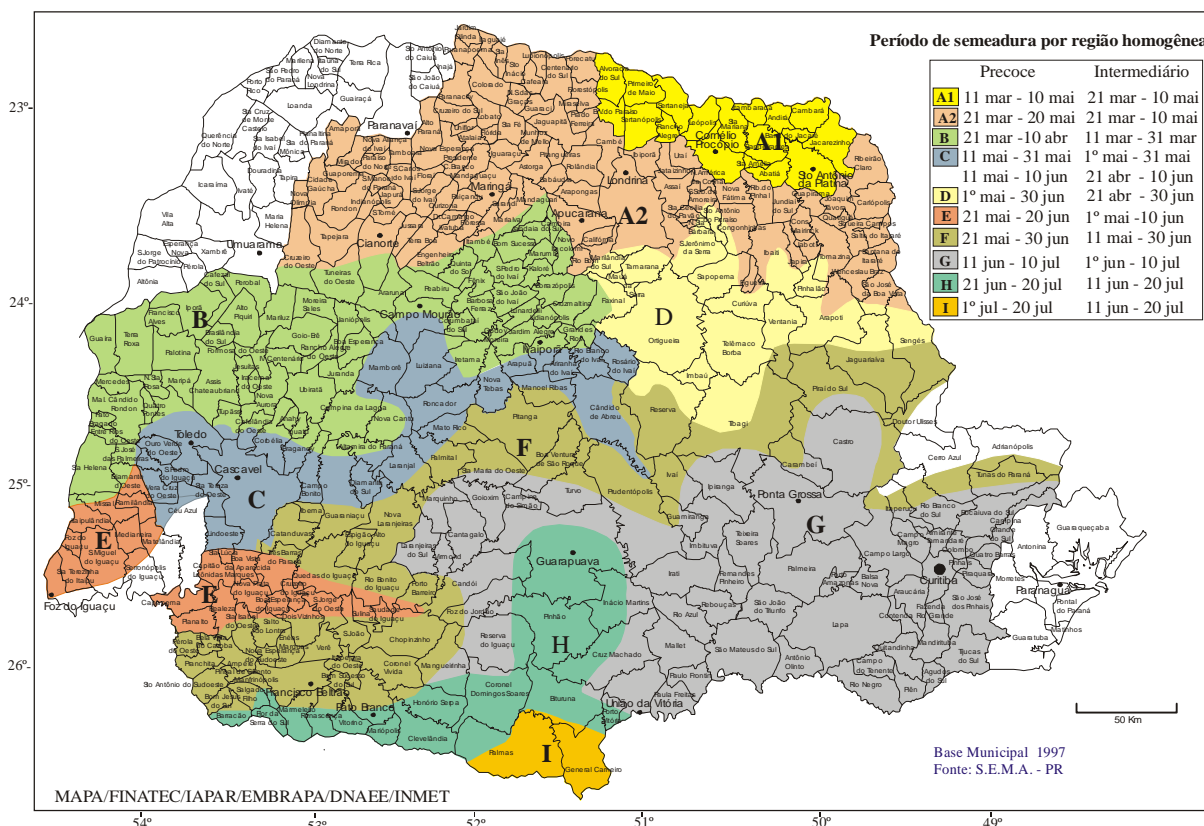


Figura 3. Zoneamento agrícola e períodos de sementeira para a cultura de trigo no Paraná.

épocas de semeadura de trigo no Paraná, definidas como A, B, C, D, E, F, G, H e I, conforme Figura 3. Nesta Figura são apresentadas as épocas de semeadura com maiores probabilidades de obtenção de rendimentos elevados, para cada uma das zonas e de ciclos das cultivares. As linhas de separação de regiões indicam transição de uma condição para outra. Assim, em uma mesma zona, recomenda-se que nas áreas mais ao norte, a semeadura seja concentrada no início do período indicado, enquanto que próximo ao limite sul, deve-se semear, preferencialmente, no fim do período indicado.

### São Paulo

Para a cultura de trigo, sob condição de sequeiro, no estado de São Paulo, foram definidas épocas de semeadura para cultivares de ciclo precoce (duração aproximada de 120 dias) e normal (duração aproximada de 130 dias), em três tipos principais de solo (arenoso, médio e argiloso), contemplando o período de 11/fevereiro a 20/maio.

Os solos considerados aptos para trigo em SP envolvem os seguintes tipos:

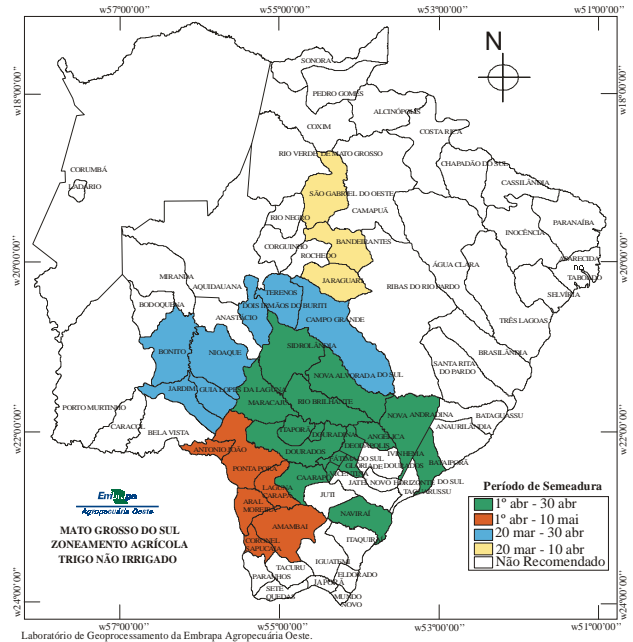
- Tipo 1: Areias Quartzosas e Solos Aluviais arenosos;
- Tipo 2: Latossolos Vermelho-escuro e Latossolos Vermelho-amarelo (com menos de 35% de argila);
- Tipo 3: Podzólicos Vermelho-amarelo e Podzólicos Vermelho-escuro (Terra Roxa Estruturada), Latossolos Roxo e Latossolos Vermelho-escuro (com mais de 35% de argila), Cambissolos Eutróficos e Solos Aluviais de textura média e argilosa.

Os períodos favoráveis para semeadura de trigo no estado de São Paulo, por município, podem ser encontrados, por exemplo, em ZONEAMENTO AGRÍCOLA (2001).

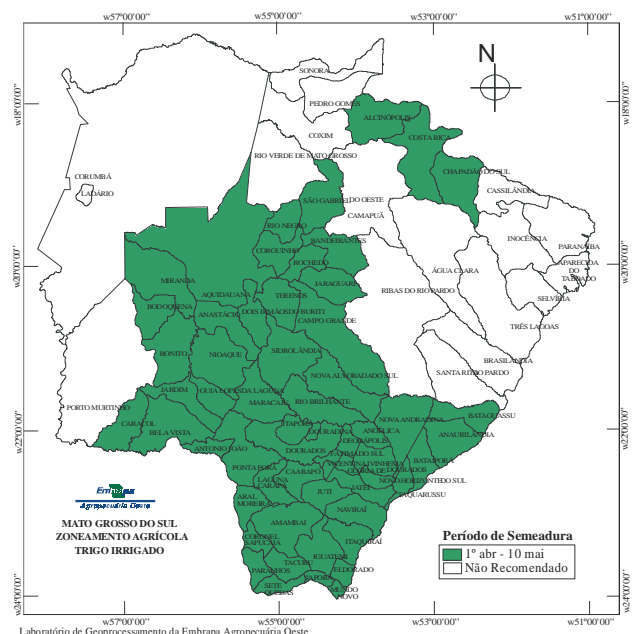
### Mato Grosso do Sul

Para fins de recomendação de épocas de semeadura, o estado de Mato Grosso do Sul foi dividido em quatro regiões tritícolas, conforme se

observa na Figura 4 (trigo não irrigado) e na Figura 5 (trigo irrigado), com os respectivos períodos de semeadura indicados, março a maio. A relação de municípios, com os respectivos períodos de semeadura, pode ser encontrada, entre outros, em



**Figura 4.** Zoneamento agrícola e períodos de semeadura para a cultura de trigo não irrigado em Mato Grosso do Sul.



**Figura 5.** Zoneamento agrícola e períodos de semeadura para a cultura de trigo irrigado em Mato Grosso do Sul.

LAZZAROTTO (1997) e em ZONEAMENTO AGRÍCOLA (2001). Instruções sobre uso do zoneamento agrícola para Mato Grosso do Sul foram elaboradas por LAZZAROTTO & URCHEI (1998).

Em Mato Grosso do Sul, são considerados aptos para o cultivo de trigo os seguintes solos:

- Tipo 2: Latossolos Vermelho-escuro e Latossolos Vermelho-amarelo (com menos de 35% de argila).

- Tipo 3: Podzólicos Vermelho-amarelo e Podzólicos Vermelho-escuro (Terra Roxa Estruturada), Latossolos Roxo e Latossolos Vermelho-escuro (com mais de 35% de argila), Cambissolos Eutróficos e solos Aluviais de textura média e argilosa.

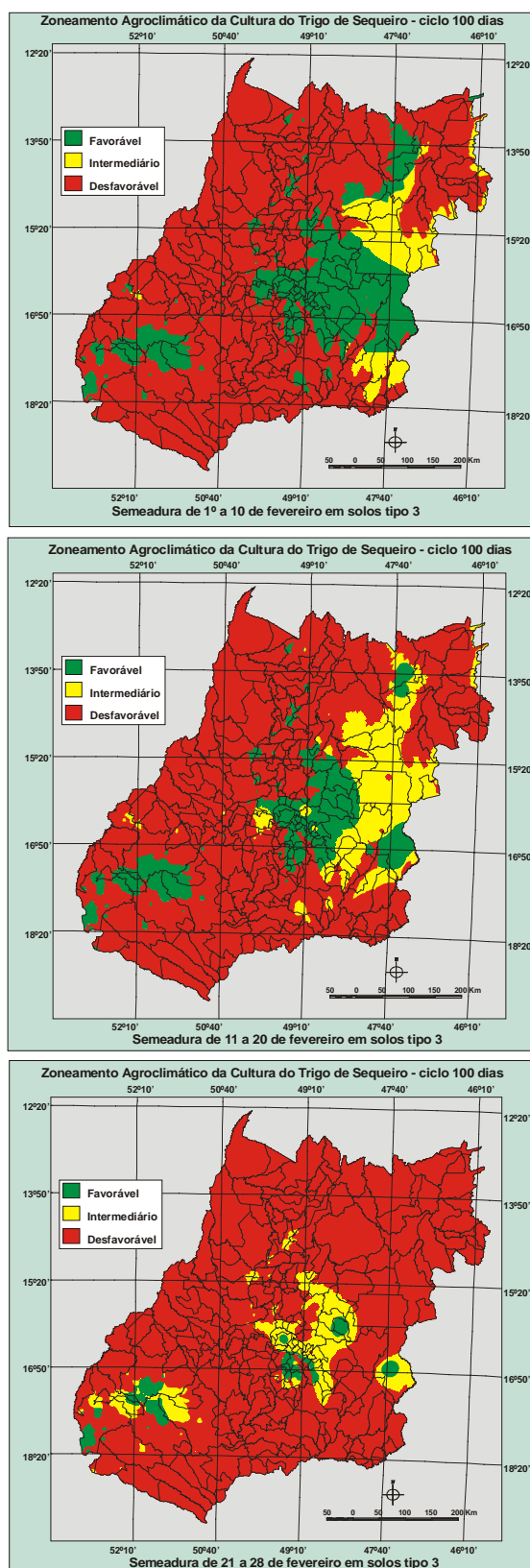
## Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais

### a) Trigo de sequeiro

Para a safra de 2001/2002, no Programa de Zoneamento Agrícola do MAPA, foi incluído o cultivo trigo sob condição de sequeiro no estado de Goiás, no Distrito Federal e em Minas Gerais, como uma opção para o período de safrinha, que permite aproveitar o fim do período chuvoso na região. Nessa época, apesar da temperatura e umidade do ar elevadas, é possível cultivar trigo sem irrigação, com a colheita prevista para o início da estação seca.

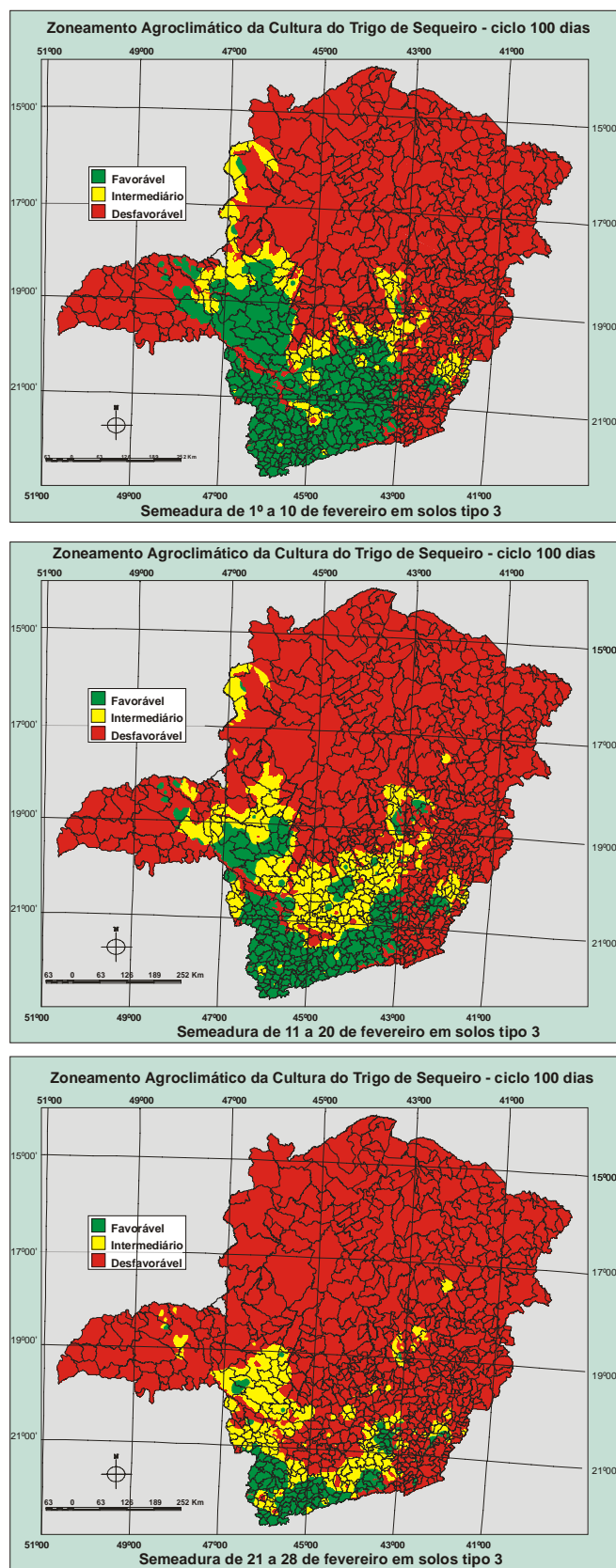
As regiões identificadas como de menor risco climático para a cultura de trigo sob condição de sequeiro em GO e DF podem ser visualizadas na Figura 6, e para MG na Figura 7.

As épocas de semeadura, considerando-se o ciclo médio das cultivares indicadas para a região, critério hídrico e de altitude (800 m ou superior), e solos com elevada capacidade de retenção de água (Tipo 3: Podzólicos Vermelho-amarelo e Podzólicos Vermelho-escuro (Terra Roxa Estruturada), Latossolos Roxo e Latossolos Vermelho-escuro (com mais de 35% de argila), Cambissolos Eutrófico e solos Aluviais de textura média e argilosa) ficaram restritas ao mês de fevereiro. A relação dos municípios e seus respectivos períodos favoráveis de semeadura pode ser encontrado em portarias de Zoneamento Agrícola do MAPA.



**Figura 6.** Zoneamento agroclimático e períodos de semeadura para a cultura de trigo não irrigado em Goiás e Distrito Federal.





**Figura 7.** Zoneamento agroclimático e períodos de semeadura para a cultura de trigo não irrigado em Minas Gerais.

## b) Trigo Irrigado

Para Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais, foram delimitadas áreas com possibilidade de cultivo de trigo sob irrigação, com período favorável de semeadura compreendido entre 11 de abril e 31 de maio. Os solos considerados aptos corresponderam aos tipos 2 e 3:

- Solo tipo 2: Latossolos Vermelho-escuro e Latossolos Vermelho-amarelo (com menos de 35% de argila);
- Solo tipo 3: Podzólicos Vermelho-amarelo e Podzólicos Vermelho-escuro (Terra Roxa Estruturada), Latossolos Roxo e Latossolos Vermelho-escuro (com mais de 35% de argila), Cambissolos Eutróficos e Solos Aluviais de textura média e argilosa.

A relação dos municípios de GO, DF e MG considerados aptos pelo Zoneamento Agrícola do MAPA para cultivo de trigo sob irrigação, com semeadura de 11 a 31 de maio pode ser encontrado em ZONEAMENTO AGRÍCOLA (2002).

## Referências bibliográficas

- ANTUNES, F.Z., SOUZA, M.A. Clima para o trigo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.5, n. 50, p.9-16, 1979.
- 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. et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. Cap. 1, p. 11-24.
- BOLLING, H. Effects of climate on the quality of wheat. In. **WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION SYMPOSIUM, 1973**, Braunschweig. **Agrometeorology of the wheat crop proceeding**. Offenbach: WMO, 1974. p.176-184.
- CAMARGO, A. P., ALFONSI, R. R., PINTO, H.S. et al. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. In. **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: BASES PARA UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA**. Anais. São Paulo: EDUSP, 1977. p. 89-120.
- CAMARGO, M. B. P., PEDRO JÚNIOR, M. J.,

ALFONSI, R. R., et al. **Guia agrometeorológico do agricultor irrigante**: n.4 probabilidade de ocorrência de geadas nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Campinas: IAC, 1990. 9p. (IAC. Boletim Técnico, 136).

CUNHA, G. R. **Riscos climáticos e cultivo de trigo no Brasil**. In: XVIII REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 1999, Passo Fundo XVIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999a, v. I, p. 85-103.

CUNHA, G.R., HAAS, J.C. **Recomendação de épocas de semeadura de trigo para o estado do Rio Grande do Sul safra 1996**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 24p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 26).

CUNHA, G.R., HAAS, J.C., ASSAD, E.D. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de trigo no estado do Rio Grande do Sul. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. **Anais...** Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz-ESALQ, 1997. p.372-375.

CUNHA, G. R., HAAS, J. C., PIMENTEL, M. B. M. **ZonTrigo v.1.0: sistema de zoneamento de riscos climáticos para a cultura de trigo no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997b. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 36). 44p. Software + cinco disquetes.

CUNHA, G.R., HAAS, J.C., PIMENTEL, M.B.M. et al. Sistema de zoneamento de riscos climáticos para a cultura de trigo no Brasil (ZonTrigo v.1.0). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.125-132, jan./jun. 1998.

CUNHA, G.R., HAAS, J.C., ASSAD, E.D. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de trigo no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.5, n.1, p.55-62, 1999.

CUNHA, G. R., HAAS, J. C., ASSAD, E. D. et al. **Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999b. 14 p.html. 4 ilustr. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa Online, 2). Disponível: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_bo02.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bo02.htm)

FISCHER, R.A. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. **Journal of Agriculture Science**, London, v. 105, p.447-461, 1985.

GÖEPFERT, H., ROSSETTI, L.A., SOUZA, J. **Eventos generalizados e seguridade agrícola**. Brasília: IPEA, 1993. 65p.

GONÇALVES, S.L., CARAMORI, P.H., WREGE, M.S. et al. Regionalização para épocas de semeadura de trigo no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.239-248, 1998.

GONÇALVES, S.L., WREGE, M.S., CARAMORI, P.H., et al. Risco de ocorrência de temperaturas superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado na safra das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n.1, p. 99-107, 1997.

GRODZKI, L., CARAMORI, P.H., BOOTSMA, A., et al. Riscos de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 93-99, 1996.

GUARIENTI, E.M. **Qualidade industrial de trigo**. 2ed. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1996. 36p. (Embrapa-CNPT. Documentos, 27).

HAMAKAWA, P. Caracterização físico-hídrica dos solos do Paraná. Londrina, 1998. (IAPAR, Boletim Técnico, no prelo).

IDE, B. Y., ALTHOLF, D.A. THOMÉ, V.M.R. et al. **Zoneamento agroclimático do estado de SC, 2ª etapa**. Florianópolis: EMPASC, 1980. 106p.

KALCKMANN, R. E., ARRUDA, A. A. G., HOELTGEBAUM, F. et al **Regiões de trigo no Brasil**. [S.l.]: 1965. 104p. (Estudos Técnicos, 28).

LAZZAROTTO, C. **Zoneamento agrícola-Mato Grosso do Sul: cultura de trigo**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. (EMBRAPA-CPAO). 10p.

LAZZAROTTO, C., URCHEI, M. A. **Zoneamento agrícola: Mato Grosso -Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. Folder.

LINHARES, A.G., NEDEL, J.L. Clima e germinação do grão do trigo na espiga. In: MOTA, F.S. (Ed.) **Agrometeorologia do trigo no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.95-97.

MOTA, F.S. Regiões climáticas para o trigo no Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.21, n.4, p.772-776, 1969.

MOTA, F.S. Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil. In: MOTA, F.S. (Ed.) **Agrometeorologia do trigo no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.5-35.

MOTA, F.S., BEIRSDORF, M.I.C., ACOSTA, M.J.C. et al. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas: Embrapa, Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul, Secretaria da Agricultura do estado do Rio Grande do Sul, 1974. 122p. (Circular, 50).

MOTA, F.S., GOEDERT, C.O., LOPES, N.F. et al. **Zoneamento da região do planalto gaúcho para a cultura do trigo**. Pelotas: IPEAS, 1968. 39 p.

OLIVEIRA, D. & VILLA NOVA, N. A. Evapotranspiração máxima e lâminas de irrigação necessárias para feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 29-36, 1996.

- PANDOLFO, C., PEREIRA, E.S., RAMOS, A. M. et al. Sistema computacional para elaborar o zoneamento agrícola para o estado de Santa Catarina – ZonExpert 1.0. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1999. p.813-819.
- PASCALÉ, A.J. Design of agrometeorological field experiments. In: WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION SYMPOSIUM, 1973, Braunschweig. Agrometeorology of the wheat crop. **Proceeding**. Offenbach: WMO, 1974. p.74-102.
- PETR. J. **Weather and yield**. Amsterdam: Elsevier, 1991. 288p.
- PETRUCCI, G.L., GAUDÊNCIO, C. A., ASSARI, L.S., et al. **Zoneamento da cultura do trigo no Paraná conforme o regime de geadas e determinação da época de semeadura**. Londrina, PR., 1980. 20 p. (IAPAR, Boletim Técnico, 12).
- PETRUCCI, G.L., GAUDÊNCIO, C.A., CAMPOS, L.A.C. et al. Época de semeadura de trigo no Paraná. In: MOTA, F.S. (Ed.) **Agrometeorologia do trigo no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.75-86.
- ROSSETTI, L.A. **Projeto de zoneamento agroclimático e pedoclimático do Brasil**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, CER/PROAGRO/GM, 1997. 10p. (Nota Técnica).
- ROSSETTI, L.A. Seguridad e zoneamento agrícola no Brasil: novos rumos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SEGURIDADE E ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO MERCOSUL, 1. 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, CER/PROAGRO/GM, 1998. p.1-9.
- ROSSETTI, L.A. Agricultural zoning: Reducing the risks of agriculture and providing trustworthy pointers for sustainable regional development. In: CUNHA, G.R., HAAS, J.C., BERLATO, M.A. (Eds.) **Applications of climate forecasting for better decision-making processes in agriculture**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 328p. p.319-327.
- SAVIN, R., SLAFER, G. A. Shading effects on yield of na Argentinean wheat cultivar. **Journal of Agricultural Science**, London, v. 116, p. 1-7, 1991.
- SLAFER, G. A., ABELEDO, L. G., MIRALLES, D. J. et al. Photoperiod sensitivity during stem elongation as the avenue to raise potential yield in wheat. In: BEDÖ, Z., LÁNG, L. (Eds). **Wheat in a global environment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 786p. p. 487-496. ( Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Wheat Conference, 5-9 June 2000, Budapest, Hungary).
- THOMÉ, V.M.R., ZAMPIERI, S.L., BRAGA, H.J. **Zoneamento agrícola para a cultura do trigo em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 24p. (EPAGRI. Documentos, 171).
- TSUJI, G.Y., UEHARA, G., BALAS, S. (Eds.). **DSSAT: a decision support system for agrotechnology transfer**. version 3.0. Honolulu-HI: University of Hawaii, 1994. 3 v.
- WREGE, M.S., GONÇALVES, S.L., CARAMORI, P.H., et al. Risco de deficiência hídrica na cultura do feijoeiro durante a safra das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n.1, p. 51-59, 1997.
- ZONEAMENTO AGRÍCOLA. **Safra 2000/2001**. Brasil. Culturas: algodão, arroz, feijão, maçã, milho, soja e trigo. UF: RS, SC, PR, MG, RJ, SP, DF, GO, MT, MS, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN e SE. Brasília: MA/CER/Coordenação Nacional do Zoneamento Agrícola, 2001. 510p.
- ZONEAMENTO AGRÍCOLA. **Safra 2001/2002**. Brasil. Culturas: algodão, arroz, feijão, maçã, milho, soja e trigo. UF: RS, SC, PR, MG, RJ, SP, DF, GO, MT, MS, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN e SE. Brasília: MA/CER/Coordenação Nacional do Zoneamento Agrícola, 2002. 291p.
- ZULLO Jr., J., PINTO, H.S., BRUNINI, O. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) de sequeiro no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1999. p.884-890.