

ISSN 0104-1347

## Probabilidade de ocorrer precipitação pluvial igual ou superior à evapotranspiração máxima na cultura do milho, no Rio Grande do Sul

Probability to occur equal or greater pluvial precipitation than the maximum evapotranspiration for crop maize in Rio Grande do Sul state, Brazil

Ronaldo Matzenauer<sup>1</sup>; Alberto Cargnelutti Filho<sup>2</sup> e Cristiano Schacker dos Anjos<sup>3</sup>

**Resumo** – Determinou-se a probabilidade de ocorrer precipitação pluvial igual ou superior a 100% e 70% da evapotranspiração máxima (ETm) da cultura do milho, em diferentes subperíodos e épocas de semeadura, para dez localidades do Estado do Rio Grande do Sul (RS). Com os dados diários de precipitação pluvial, obtidos no Banco de Dados Meteorológicos do Laboratório de Agrometeorologia, da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO/SCT-RS, determinou-se o acúmulo de precipitação pluvial (APP), em cada subperíodo, de cada época de semeadura e município. Avaliou-se o ajuste dos dados de APP em cada subperíodo, época de semeadura e município, às distribuições normal e gama, usando o teste de Lilliefors para a primeira e o teste de Kolmogorov-Smirnov para a segunda. Verificou-se que, em 68% dos casos, a probabilidade da precipitação pluvial ser igual ou superior à ETm da cultura do milho, foi inferior a 0,60 indicando elevada frequência de deficiência hídrica. As menores probabilidades ocorreram durante os subperíodos compreendidos entre 30 dias após a emergência a 30 dias após o início da floração. No subperíodo compreendido entre o início do pendoamento e 30 dias após o início do pendoamento, a probabilidade de a precipitação pluvial ser igual ou superior à ETm e 70% da ETm foi menor que 0,5 em 95% e 40% dos casos, respectivamente. Júlio de Castilhos, São Gabriel e Rio Grande foram as localidades que apresentaram as menores probabilidades, indicando alto risco à produção de grãos. As épocas de semeadura que apresentaram as menores probabilidades, durante o ciclo completo da cultura foram outubro e novembro, mas no período crítico, as épocas de setembro e outubro foram as de maior risco.

**Palavras-chave:** precipitação pluvial; evapotranspiração máxima; probabilidade; milho.

**Abstract** - It was determined the probability to occur equal or superior pluvial precipitation than 100% and 70% of the maximum evapotranspiration (ETm) for crop maize, in different subperiod and sowing date, for ten locations in Rio Grande do Sul State. With the daily pluvial precipitation data, obtained from the Meteorological Data base of the Laboratory of Agrometeorology, the State Foundation of Farming Research FEPAGRO/SCT-RS, determined the accumulation of pluvial precipitation (APP) in each subperiod, sowing date and locality. The adjustment of the data of APP was evaluated in each subperiod, sowing date and locality, to the distributions normal and gamma, using Lilliefors' test for first and Kolmogorov-Smirnov's test for second. It was verified that, in 68% of the cases, the probability be equal or greater the pluvial precipitation of the ETm for crop maize, was inferior 0,60 indicating raised frequency of water deficiency. The lesser probabilities had occurred during the subperiods between 30 days after the emergency and 30 days after the beginning of the flowering. In the subperiod of beginning flowering and 30 days after the flowering beginning, the probability of pluvial precipitation be equal or greater that the ETm and 70% ETm, was lower than 0.5, in 95% and 40% of the cases, respectively. Júlio de Castilhos, São Gabriel and Rio Grande presented the lesser probabilities, indicating high risk to the grains production. The sowing dates that had presented the lesser probabilities during the complete crop cycle were October and November, but in the critical period, the dates of September and October werw of higher risk.

**Key words:** pluvial precipitation; maximum evapotranspiration; probability; maize.

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador em Agrometeorologia – FEPAGRO/SCT, Rua Gonçalves Dias, 570, 90130-060, Porto Alegre, RS. ronaldo-matzenauer@fepagro.rs.gov.br - Bolsista do CNPq.

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador em Estatística/Experimentação Agropecuária – FEPAGRO/SCT – alberto-cargnelutti@fepagro.rs.gov.br

<sup>3</sup>Estudante de Agronomia, Estagiário do Laboratório de Agrometeorologia – FEPAGRO/SCT.

## Introdução

A produção de grãos de milho no Estado do Rio Grande do Sul (RS), caracteriza-se pela grande variabilidade entre anos e locais, ocorrendo, com frequência, frustrações de safras. Nas últimas sete safras – de 1995/96 a 2001/2002 – aconteceram reduções em quatro delas (1995/96, 1996/97, 1998/99 e 1999/00), com perdas, respectivamente, de 1,575, 0,908, 1,022 e 1,072 milhões de toneladas de grãos. A análise do rendimento médio de grãos nos últimos 15 anos, mostra esta variabilidade, com valores oscilando entre 1136kg ha<sup>-1</sup> na safra 1990/91 a 3619kg ha<sup>-1</sup>, na safra 2000/01 (BISOTTO, 2001). Entre as microregiões geográficas do RS, o rendimento médio de grãos de milho no ano agrícola 2000/01, variou de 1372kg ha<sup>-1</sup> (microrregião de Osório) a 5695 kg ha<sup>-1</sup> (microrregião de Não-Me-Toque).

A variabilidade interanual das condições hídricas do solo, determinada pela variabilidade das chuvas, é o fator que exerce maior peso na oscilação dos rendimentos das culturas de primavera-verão no RS (BERLATO, 1992). Num período de dez anos, em quatro, as safras de milho são reduzidas por deficiências hídricas, causadas pela baixa quantidade ou pela distribuição irregular das chuvas (MATZENAUER *et al.*, 2002). Segundo dados da EMATER/RS, cerca de 88% das reduções de rendimento de grãos de milho, são atribuídas à deficiência hídrica.

Utilizando dados mensais de precipitação pluvial e evapotranspiração potencial, ÁVILA *et al.* (1996) concluíram que a probabilidade de a precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial no Rio Grande do Sul, no período de dezembro a fevereiro, é inferior a 60% em praticamente todo o Estado, o que determina elevada frequência de deficiências hídricas. A análise das disponibilidades hídricas para a cultura do milho, no RS, revela que, praticamente todos os anos, ocorre deficiência hídrica para a cultura, com maior ou menor intensidade (MATZENAUER *et al.*, 2002), e a deficiência hídrica média, no ciclo completo da cultura, varia de 61mm, na época de semeadura de agosto, em Taquari, a 175mm, na semeadura de setembro, em Júlio de Castilhos.

O conhecimento da probabilidade de a precipitação pluvial atender à necessidade hídrica da cultura do milho em diferentes épocas de semeadura e subperíodos, possibilita planejar, para cada local, a época de semeadura que minimize o risco de ocor-

rência de deficiência hídrica, principalmente no período crítico da cultura.

Neste trabalho, objetivou-se determinar a probabilidade de a precipitação pluvial ser igual ou superior à evapotranspiração máxima da cultura do milho, e a 70% da evapotranspiração máxima, em diferentes subperíodos de desenvolvimento da cultura e épocas de semeadura, para dez localidades do RS.

## Material e métodos

As estimativas da evapotranspiração máxima média (ETm) dos diferentes subperíodos da cultura do milho (Tabela 1), nas épocas de semeadura de 01/agosto, 01/setembro, 01/outubro, 01/novembro e 01/dezembro, nos municípios (Figura 1) de Cruz Alta, Júlio de Castilhos, Passo Fundo, São Gabriel, Veranópolis, Rio Grande, Encruzilhada do Sul, Santa Rosa, São Borja e Taquari do Estado do Rio Grande do Sul (RS), foram obtidas em MATZENAUER *et al.* (2002), considerando os períodos mostrados na Tabela 2.

Por meio de dados diários de precipitação pluvial, obtidos no Banco de Dados Meteorológicos do Laboratório de Agrometeorologia, da Fundação Estadual de Pesquisa agropecuária – FEPAGRO/SCT-RS, determinou-se o acúmulo de precipitação pluvial em cada subperíodo de cada época de semeadura e município, considerando os períodos listados na Tabela 2.

Avaliou-se o ajuste dos dados de acúmulo de precipitação pluvial em cada subperíodo, época de semeadura e município, às distribuições normal e gama, usando o teste de Lilliefors para a primeira e o teste de Kolmogorov-Smirnov para a segunda (CAMPOS, 1983).

Determinou-se a probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial igual ou superior a 100% e 70% da ETm da cultura do milho, em cada subperíodo, época de semeadura e município. O valor de 70% da evapotranspiração máxima utilizado, foi baseado no índice de consumo relativo de água (ETr/ETm) de 0,70, considerado como de baixo risco para a produção de milho no RS (MATZENAUER *et al.*, 2002). Ou seja, regiões com consumo relativo de água igual ou maior a 0,70, apresentam baixo risco para a produção de milho, significando que a evapotranspiração real poderia ser reduzida em até 30% da evapotranspiração máxima da cultura.

**Tabela 1** . Valores médios de evapotranspiração máxima (ETm) em mm, em cada município, época de semeadura e subperíodo da cultura do milho.

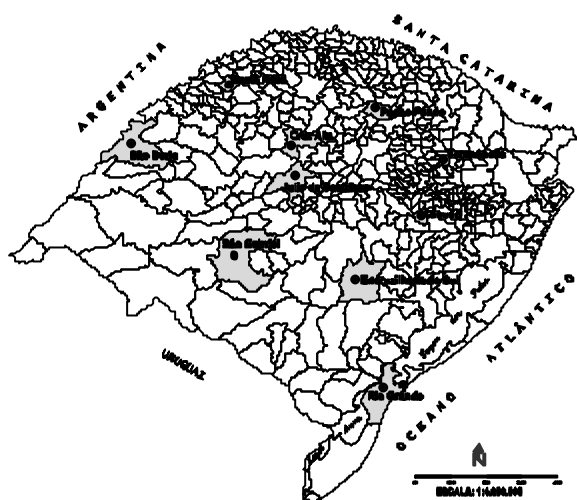
| Época  | Subperíodo                    |     |     |     |     | Subperíodo                   |     |     |     |     |
|--------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|        | S1                            | S2  | S3  | S4  | S5  | S1                           | S2  | S3  | S4  | S5  |
|        | ---- Cruz alta ----           |     |     |     |     | ---- Júlio de Castilhos ---- |     |     |     |     |
| 01/Set | 62                            | 222 | 179 | 123 | 586 | 70                           | 242 | 196 | 140 | 648 |
| 01/Out | 82                            | 201 | 170 | 114 | 567 | 92                           | 216 | 189 | 133 | 630 |
| 01/Nov | 99                            | 158 | 155 | 93  | 506 | 106                          | 173 | 179 | 110 | 568 |
| 01/Dez | 104                           | 138 | 122 | 88  | 452 | 115                          | 160 | 144 | 100 | 519 |
|        | ---- Passo Fundo ----         |     |     |     |     | ---- São Gabriel ----        |     |     |     |     |
| 01/Set | 65                            | 225 | 179 | 132 | 601 | 69                           | 179 | 179 | 148 | 575 |
| 01/Out | 85                            | 198 | 177 | 122 | 582 | 88                           | 155 | 193 | 131 | 568 |
| 01/Nov | 99                            | 160 | 164 | 100 | 523 | 102                          | 174 | 173 | 102 | 552 |
| 01/Dez | 106                           | 146 | 131 | 98  | 481 | 115                          | 109 | 139 | 104 | 467 |
|        | ---- Veranópolis ----         |     |     |     |     | ---- Rio Grande ----         |     |     |     |     |
| 01/Set | 61                            | 210 | 162 | 167 | 601 | 53                           | 181 | 151 | 111 | 497 |
| 01/Out | 80                            | 235 | 161 | 103 | 579 | 69                           | 164 | 150 | 105 | 488 |
| 01/Nov | 89                            | 192 | 152 | 93  | 526 | 80                           | 135 | 143 | 87  | 445 |
| 01/Dez | 97                            | 180 | 123 | 85  | 484 | 89                           | 127 | 114 | 81  | 412 |
|        | ---- Encruzilhada do Sul ---- |     |     |     |     | ---- Santa Rosa ----         |     |     |     |     |
| 01/Ago | ---                           | --- | --- | --- | --- | 58                           | 186 | 150 | 129 | 524 |
| 01/Set | 55                            | 193 | 152 | 112 | 512 | 66                           | 172 | 164 | 133 | 534 |
| 01/Out | 72                            | 171 | 150 | 106 | 499 | 84                           | 143 | 155 | 127 | 509 |
| 01/Nov | 84                            | 136 | 146 | 88  | 453 | 95                           | 155 | 163 | 97  | 510 |
| 01/Dez | 89                            | 130 | 115 | 81  | 416 | 103                          | 134 | 125 | 89  | 451 |
|        | ---- São Borja ----           |     |     |     |     | ---- Taquari ----            |     |     |     |     |
| 01/Ago | 63                            | 197 | 160 | 139 | 559 | 48                           | 164 | 145 | 121 | 478 |
| 01/Set | 69                            | 181 | 175 | 143 | 569 | 58                           | 159 | 153 | 125 | 496 |
| 01/Out | 89                            | 151 | 173 | 132 | 545 | 78                           | 135 | 164 | 118 | 494 |
| 01/Nov | 100                           | 168 | 173 | 103 | 544 | 89                           | 147 | 154 | 95  | 485 |
| 01/Dez | 111                           | 123 | 138 | 100 | 473 | 97                           | 96  | 131 | 93  | 417 |

Subperíodos: S1 = emergência – 30 dias após a emergência; S2 = 30 dias após a emergência – início do pendoamento; S3 = início do pendoamento – 30 dias após o início do pendoamento; S4 = 30 dias após o início do pendoamento – maturação fisiológica; S5 = Emergência – maturação fisiológica

## Resultados e discussão

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado em 215 casos (7 municípios com 4 épocas de semeadura e 3 municípios com 5 épocas, em 5 subperíodos). Nos 215 casos, houve ajustamento dos dados de acúmulo de precipitação pluvial à distribuição gama com  $p > 0,20$ , ou seja, com boa aderência. Assim, na Tabela 3 são apresentados as estimativas dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição gama em cada município, época de semeadura e subperíodo da cultura do milho, que foram usadas para se obter a probabilidade de a precipitação pluvial ser igual ou superior a 100% e 70% da evapotranspiração máxima (ETm) da cultura do milho, em cada município, época de semeadura e subperíodo da cultura (Tabela 4).

Quando se considera o nível de 70% da ETm, em nenhuma época/local observa-se 100% de atendimento da demanda, em todos subperíodos, o que mostra que sempre existe deficiência hídrica em, pelo menos, um dos subperíodos de desenvolvimento da cultura. As probabilidades de a precipitação pluvial ser igual ou maior que a evapotranspiração máxima do milho nos vários locais, subperíodos e épocas de semeadura, variaram de 0,09 a 0,99; considerando o nível de 70% da ETm, a variabilidade foi de 0,25 a 1,00 (Tabela 4). A menor probabilidade foi verificada em Júlio de Castilhos, na semeadura de setembro, durante o subperíodo do início do pendoamento a 30 dias após (S3), havendo apenas 9% de probabilidade da precipitação pluvial atender à demanda hídrica da cultura, no referido subperíodo.



**Figura 1.** Localização geográfica dos municípios no Estado do Rio Grande do Sul, avaliados no trabalho.

De maneira geral, as probabilidades menores ocorreram durante os subperíodos S2 (de 30 dias após a emergência ao início do pendoamento) e S3, principalmente, nas épocas de semeadura de setembro, outubro e novembro. Este resultado pode ser explicado pelo fato de as semeaduras de setembro e outubro, principalmente, coincidirem com períodos de maior demanda evaporativa da atmosfera quando a cultura encontra-se no seu estágio crítico de desenvolvimento, em relação à disponibilidade hídrica, concordando com MATZENAUER *et al.* (2000) que afirmaram que os valores mais elevados de deficiência hídrica

ocorrem durante o subperíodo do início do pendoamento até 30 dias após. As localidades que apresentaram as menores probabilidades de a precipitação pluvial ser igual ou maior que a ETm, foram Júlio de Castilhos, São Gabriel e Rio Grande, o que significa que o risco para a produção de grãos é maior nesses locais. As maiores probabilidades de a precipitação atender à demanda hídrica da cultura ocorreram nas localidades de Veranópolis e Passo Fundo, indicando regiões de menor risco para o cultivo do milho. Estas duas localidades apresentam valores normais de precipitação acumulada no período de setembro a março, de 985mm e 1003mm, respectivamente, enquanto as localidades de menor probabilidade, que são Júlio de Castilhos, São Gabriel e Rio Grande, apresentam precipitação normal acumulada no mesmo período, de 858mm, 739mm e 636mm, respectivamente. Estes dados explicam, em parte, os resultados obtidos. Outro fato que ajuda a explicar os resultados obtidos neste trabalho, são os valores de evapotranspiração máxima da cultura do milho em cada local (Tabela 1). Júlio de Castilhos, que foi uma das localidades que apresentou as menores probabilidades, foi também a localidade que apresentou os maiores valores de evapotranspiração máxima entre todos os locais (MATZENAUER, *et al.*, 2002).

Os subperíodos que apresentaram as maiores probabilidades foram, no início e no final do ciclo, respectivamente, S1 e S4 (Tabela 4). No início do ciclo, durante o subperíodo da emergência a 30 dias após, o consumo de água da cultura é menor, devido à menor área foliar, e a maior parte da

**Tabela 2.** Períodos considerados para as estimativas de evapotranspiração máxima (ETm) da cultura do milho e acúmulo de precipitação pluvial (APP) em cada subperíodo e época de semeadura, nas diferentes localidades do Estado do Rio Grande do Sul.

| Localidade          | Região climática  | Períodos      |                                   |
|---------------------|-------------------|---------------|-----------------------------------|
|                     |                   | ETm           | APP                               |
| Cruz Alta           | Planalto          | 75/76 - 97/98 | 75/76 - 01/02                     |
| Júlio de Castilhos  | Planalto          | 75/76 - 95/96 | 75/76 - 95/96                     |
| Passo Fundo         | Planalto          | 75/76 - 98/99 | 75/76 - 01/02                     |
| Santa Rosa          | Missões           | 75/76 - 98/99 | 75/76, 77/78 - 98/99              |
| São Borja           | Vale do Uruguai   | 75/76 - 99/00 | 75/76, 77/78 - 84/85, 86/87-99/00 |
| São Gabriel         | Depressão Central | 75/76 - 99/00 | 75/76 - 99/00                     |
| Taquari             | Depressão Central | 75/76 - 00/01 | 75/76 - 00/01                     |
| Rio Grande          | Litoral Sul       | 75/76 - 98/99 | 75/76 - 98/99                     |
| Encruzilhada do Sul | Serra do Sudeste  | 75/76 - 98/99 | 75/76 - 93/94, 95/96 - 98/99      |
| Veranópolis         | Serra do Nordeste | 75/76 - 98/99 | 75/76 - 98/99                     |

**Tabela 3 .** Estimativa dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição gama em cada município, época de semeadura e subperíodo da cultura do milho.

| Município           | Época  | $\hat{\alpha}$ |      |      |      |       | $\hat{\beta}$ |       |       |       |        |
|---------------------|--------|----------------|------|------|------|-------|---------------|-------|-------|-------|--------|
|                     |        | S1             | S2   | S3   | S4   | S5    | S1            | S2    | S3    | S4    | S5     |
| Cruz alta           | 01/Set | 4,10           | 3,10 | 2,50 | 2,38 | 10,24 | 46,23         | 82,09 | 45,93 | 63,60 | 69,44  |
|                     | 01/Out | 2,74           | 2,39 | 1,56 | 3,11 | 7,62  | 61,99         | 62,30 | 89,37 | 50,92 | 81,07  |
|                     | 01/Nov | 2,00           | 1,89 | 3,05 | 4,48 | 8,40  | 59,71         | 62,76 | 53,31 | 28,26 | 62,74  |
|                     | 01/Dez | 1,89           | 3,05 | 4,48 | 2,39 | 6,11  | 62,76         | 53,31 | 28,26 | 53,11 | 87,42  |
| Júlio de Castilhos  | 01/Set | 3,25           | 3,83 | 3,41 | 2,52 | 11,30 | 51,49         | 64,52 | 32,83 | 51,44 | 58,04  |
|                     | 01/Out | 3,10           | 3,50 | 2,52 | 4,20 | 9,80  | 54,30         | 42,92 | 46,53 | 36,58 | 60,11  |
|                     | 01/Nov | 2,65           | 3,27 | 3,17 | 4,74 | 12,08 | 45,58         | 31,57 | 43,12 | 28,04 | 40,87  |
|                     | 01/Dez | 3,27           | 3,17 | 4,74 | 1,56 | 9,43  | 31,57         | 43,12 | 28,04 | 84,43 | 53,51  |
| Passo Fundo         | 01/Set | 3,63           | 3,34 | 4,78 | 3,63 | 13,06 | 58,73         | 79,84 | 31,89 | 44,61 | 60,80  |
|                     | 01/Out | 2,58           | 3,92 | 2,86 | 5,52 | 9,85  | 69,64         | 46,16 | 54,41 | 29,75 | 69,08  |
|                     | 01/Nov | 2,41           | 5,25 | 3,34 | 2,92 | 10,89 | 52,06         | 26,95 | 52,06 | 43,76 | 52,21  |
|                     | 01/Dez | 4,54           | 3,00 | 2,92 | 2,19 | 9,02  | 30,94         | 56,22 | 43,76 | 54,54 | 61,72  |
| São Gabriel         | 01/Set | 3,92           | 3,63 | 1,85 | 2,00 | 10,59 | 34,84         | 59,14 | 50,38 | 59,51 | 53,18  |
|                     | 01/Out | 2,94           | 2,58 | 1,24 | 3,05 | 10,86 | 49,47         | 48,17 | 84,80 | 46,29 | 47,49  |
|                     | 01/Nov | 1,29           | 1,49 | 3,14 | 2,64 | 9,62  | 74,90         | 63,52 | 45,57 | 40,83 | 46,04  |
|                     | 01/Dez | 1,49           | 3,14 | 2,64 | 1,93 | 8,07  | 63,52         | 45,57 | 40,83 | 69,37 | 59,45  |
| Veranópolis         | 01/Set | 5,15           | 4,06 | 6,11 | 5,48 | 17,31 | 34,59         | 62,51 | 22,46 | 37,44 | 44,74  |
|                     | 01/Out | 3,46           | 7,52 | 4,00 | 3,71 | 12,74 | 47,93         | 29,92 | 39,33 | 37,87 | 54,06  |
|                     | 01/Nov | 2,58           | 5,63 | 5,92 | 2,76 | 14,05 | 52,66         | 30,75 | 28,91 | 37,01 | 41,44  |
|                     | 01/Dez | 3,85           | 8,57 | 2,76 | 2,84 | 12,50 | 32,45         | 25,62 | 37,01 | 41,38 | 45,14  |
| Rio Grande          | 01/Set | 4,06           | 3,51 | 2,24 | 1,81 | 6,18  | 29,60         | 45,76 | 36,37 | 61,55 | 76,55  |
|                     | 01/Out | 2,78           | 2,91 | 1,82 | 1,50 | 5,18  | 37,18         | 34,94 | 56,27 | 84,59 | 83,75  |
|                     | 01/Nov | 3,24           | 1,69 | 1,97 | 2,13 | 5,38  | 23,04         | 54,49 | 56,35 | 60,37 | 75,48  |
|                     | 01/Dez | 1,69           | 1,97 | 2,13 | 1,69 | 3,99  | 54,49         | 56,35 | 60,37 | 52,69 | 105,44 |
| Encruzilhada do Sul | 01/Set | 4,21           | 3,94 | 2,52 | 2,54 | 13,08 | 29,84         | 50,59 | 38,93 | 45,80 | 41,25  |
|                     | 01/Out | 2,82           | 4,83 | 1,55 | 4,65 | 11,56 | 42,67         | 28,79 | 69,69 | 28,31 | 43,18  |
|                     | 01/Nov | 2,98           | 2,42 | 3,02 | 2,54 | 10,57 | 38,38         | 38,38 | 44,82 | 42,58 | 42,62  |
|                     | 01/Dez | 2,42           | 3,02 | 2,54 | 1,41 | 8,21  | 38,38         | 44,82 | 42,58 | 83,06 | 55,24  |
| Santa Rosa          | 01/Ago | 1,31           | 7,92 | 1,59 | 2,50 | 10,32 | 87,04         | 42,53 | 95,73 | 52,16 | 71,00  |
|                     | 01/Set | 6,31           | 4,18 | 2,99 | 2,05 | 10,30 | 31,23         | 60,60 | 40,38 | 60,40 | 67,50  |
|                     | 01/Out | 3,71           | 1,99 | 3,67 | 2,74 | 8,43  | 55,31         | 62,02 | 34,60 | 63,43 | 74,67  |
|                     | 01/Nov | 1,99           | 3,67 | 2,74 | 6,04 | 13,98 | 62,02         | 34,60 | 63,43 | 23,02 | 40,29  |
|                     | 01/Dez | 3,67           | 2,74 | 6,04 | 2,41 | 9,09  | 34,60         | 63,43 | 23,02 | 59,53 | 64,11  |
| São Borja           | 01/Ago | 1,47           | 7,03 | 2,34 | 4,21 | 10,85 | 48,71         | 37,98 | 66,56 | 31,61 | 57,81  |
|                     | 01/Set | 3,96           | 2,52 | 2,91 | 1,24 | 18,76 | 38,86         | 93,99 | 43,36 | 96,87 | 33,95  |
|                     | 01/Out | 2,58           | 2,35 | 2,95 | 3,50 | 12,21 | 71,72         | 54,28 | 42,44 | 42,06 | 47,91  |
|                     | 01/Nov | 2,35           | 2,95 | 3,50 | 6,43 | 15,07 | 54,28         | 42,44 | 42,06 | 22,47 | 36,15  |
|                     | 01/Dez | 2,95           | 3,50 | 6,43 | 2,18 | 9,57  | 42,44         | 42,06 | 22,47 | 77,17 | 61,14  |
| Taquari             | 01/Ago | 4,02           | 9,68 | 4,27 | 4,83 | 21,76 | 30,26         | 27,17 | 32,88 | 23,81 | 29,41  |
|                     | 01/Set | 3,87           | 5,88 | 5,38 | 2,86 | 16,83 | 38,96         | 35,54 | 22,13 | 41,53 | 35,52  |
|                     | 01/Out | 4,42           | 5,14 | 2,31 | 3,44 | 17,22 | 39,61         | 22,13 | 49,55 | 42,08 | 31,81  |
|                     | 01/Nov | 5,14           | 2,31 | 3,44 | 3,77 | 17,34 | 22,13         | 49,55 | 42,08 | 29,93 | 28,01  |
|                     | 01/Dez | 2,31           | 1,66 | 3,00 | 6,13 | 14,45 | 49,55         | 59,91 | 41,21 | 17,93 | 30,99  |

Subperíodos: S1 = emergência – 30 dias após a emergência; S2 = 30 dias após a emergência – início do pendoamento; S3 = início do pendoamento – 30 dias após o início do pendoamento; S4 = 30 dias após o início do pendoamento – maturação fisiológica; S5 = Emergência – maturação fisiológica

**Tabela 4** . Probabilidade da precipitação pluvial ser igual ou superior a 100% e 70% da evapotranspiração máxima (ETm) em cada município, época de semeadura e subperíodo da cultura do milho.

| Município           | Época  | ETm  |      |      |      |      | 70% da ETm |      |      |      |      |
|---------------------|--------|------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
|                     |        | S1   | S2   | S3   | S4   | S5   | S1         | S2   | S3   | S4   | S5   |
| Cruz alta           | 01/Set | 0,96 | 0,52 | 0,17 | 0,54 | 0,69 | 0,99       | 0,73 | 0,36 | 0,72 | 0,93 |
|                     | 01/Out | 0,81 | 0,24 | 0,30 | 0,64 | 0,54 | 0,90       | 0,45 | 0,47 | 0,81 | 0,84 |
|                     | 01/Nov | 0,51 | 0,26 | 0,46 | 0,68 | 0,50 | 0,68       | 0,44 | 0,68 | 0,86 | 0,83 |
|                     | 01/Dez | 0,47 | 0,53 | 0,47 | 0,62 | 0,60 | 0,64       | 0,74 | 0,73 | 0,78 | 0,85 |
| Júlio de Castilhos  | 01/Set | 0,88 | 0,45 | 0,09 | 0,37 | 0,48 | 0,95       | 0,70 | 0,29 | 0,58 | 0,86 |
|                     | 01/Out | 0,78 | 0,18 | 0,15 | 0,55 | 0,37 | 0,90       | 0,42 | 0,34 | 0,78 | 0,78 |
|                     | 01/Nov | 0,50 | 0,12 | 0,25 | 0,60 | 0,28 | 0,70       | 0,32 | 0,49 | 0,82 | 0,74 |
|                     | 01/Dez | 0,35 | 0,32 | 0,37 | 0,52 | 0,42 | 0,60       | 0,56 | 0,66 | 0,67 | 0,80 |
| Passo Fundo         | 01/Set | 0,96 | 0,55 | 0,30 | 0,58 | 0,81 | 0,98       | 0,76 | 0,60 | 0,79 | 0,98 |
|                     | 01/Out | 0,80 | 0,36 | 0,34 | 0,70 | 0,64 | 0,90       | 0,63 | 0,57 | 0,89 | 0,92 |
|                     | 01/Nov | 0,55 | 0,33 | 0,47 | 0,58 | 0,57 | 0,73       | 0,64 | 0,70 | 0,77 | 0,89 |
|                     | 01/Dez | 0,66 | 0,52 | 0,41 | 0,52 | 0,62 | 0,86       | 0,73 | 0,63 | 0,70 | 0,90 |
| São Gabriel         | 01/Set | 0,85 | 0,56 | 0,11 | 0,29 | 0,43 | 0,94       | 0,78 | 0,25 | 0,48 | 0,82 |
|                     | 01/Out | 0,72 | 0,28 | 0,15 | 0,47 | 0,34 | 0,86       | 0,50 | 0,28 | 0,69 | 0,76 |
|                     | 01/Nov | 0,36 | 0,14 | 0,30 | 0,45 | 0,21 | 0,51       | 0,28 | 0,54 | 0,66 | 0,62 |
|                     | 01/Dez | 0,30 | 0,61 | 0,26 | 0,54 | 0,48 | 0,47       | 0,79 | 0,48 | 0,70 | 0,82 |
| Veranópolis         | 01/Set | 0,97 | 0,58 | 0,29 | 0,63 | 0,82 | 0,99       | 0,80 | 0,63 | 0,85 | 0,99 |
|                     | 01/Out | 0,85 | 0,40 | 0,42 | 0,65 | 0,69 | 0,94       | 0,76 | 0,68 | 0,84 | 0,95 |
|                     | 01/Nov | 0,66 | 0,35 | 0,56 | 0,48 | 0,61 | 0,81       | 0,67 | 0,82 | 0,69 | 0,93 |
|                     | 01/Dez | 0,62 | 0,67 | 0,30 | 0,62 | 0,67 | 0,82       | 0,91 | 0,53 | 0,79 | 0,94 |
| Rio Grande          | 01/Set | 0,90 | 0,34 | 0,11 | 0,40 | 0,40 | 0,96       | 0,60 | 0,27 | 0,58 | 0,72 |
|                     | 01/Out | 0,66 | 0,14 | 0,21 | 0,48 | 0,34 | 0,82       | 0,34 | 0,39 | 0,63 | 0,65 |
|                     | 01/Nov | 0,38 | 0,22 | 0,27 | 0,62 | 0,36 | 0,62       | 0,39 | 0,46 | 0,77 | 0,67 |
|                     | 01/Dez | 0,41 | 0,33 | 0,48 | 0,44 | 0,45 | 0,58       | 0,52 | 0,66 | 0,61 | 0,70 |
| Encruzilhada do Sul | 01/Set | 0,91 | 0,46 | 0,17 | 0,44 | 0,54 | 0,97       | 0,71 | 0,37 | 0,65 | 0,90 |
|                     | 01/Out | 0,72 | 0,27 | 0,24 | 0,62 | 0,46 | 0,86       | 0,57 | 0,41 | 0,83 | 0,85 |
|                     | 01/Nov | 0,62 | 0,20 | 0,37 | 0,54 | 0,45 | 0,80       | 0,40 | 0,61 | 0,73 | 0,83 |
|                     | 01/Dez | 0,44 | 0,45 | 0,38 | 0,55 | 0,55 | 0,64       | 0,67 | 0,59 | 0,68 | 0,86 |
| Santa Rosa          | 01/Ago | 0,65 | 0,92 | 0,40 | 0,42 | 0,82 | 0,76       | 0,99 | 0,57 | 0,63 | 0,97 |
|                     | 01/Set | 0,99 | 0,72 | 0,23 | 0,37 | 0,76 | 1,00       | 0,88 | 0,46 | 0,56 | 0,96 |
|                     | 01/Out | 0,91 | 0,33 | 0,29 | 0,61 | 0,68 | 0,96       | 0,52 | 0,55 | 0,78 | 0,92 |
|                     | 01/Nov | 0,54 | 0,29 | 0,46 | 0,76 | 0,61 | 0,71       | 0,55 | 0,67 | 0,92 | 0,93 |
| São Borja           | 01/Dez | 0,58 | 0,58 | 0,55 | 0,68 | 0,74 | 0,79       | 0,76 | 0,82 | 0,82 | 0,94 |
|                     | 01/Ago | 0,45 | 0,74 | 0,40 | 0,40 | 0,61 | 0,60       | 0,93 | 0,60 | 0,67 | 0,91 |
|                     | 01/Set | 0,89 | 0,58 | 0,22 | 0,31 | 0,66 | 0,96       | 0,75 | 0,44 | 0,46 | 0,96 |
|                     | 01/Out | 0,80 | 0,31 | 0,22 | 0,51 | 0,56 | 0,90       | 0,52 | 0,44 | 0,73 | 0,90 |
| Taquari             | 01/Nov | 0,55 | 0,24 | 0,31 | 0,75 | 0,47 | 0,73       | 0,46 | 0,57 | 0,93 | 0,89 |
|                     | 01/Dez | 0,50 | 0,56 | 0,49 | 0,68 | 0,70 | 0,71       | 0,77 | 0,79 | 0,81 | 0,93 |
|                     | 01/Ago | 0,92 | 0,89 | 0,41 | 0,40 | 0,89 | 0,97       | 0,98 | 0,68 | 0,69 | 1,00 |
|                     | 01/Set | 0,93 | 0,69 | 0,23 | 0,39 | 0,75 | 0,97       | 0,89 | 0,54 | 0,61 | 0,97 |
|                     | 01/Out | 0,91 | 0,29 | 0,21 | 0,57 | 0,63 | 0,97       | 0,60 | 0,41 | 0,78 | 0,95 |
|                     | 01/Nov | 0,65 | 0,27 | 0,38 | 0,56 | 0,47 | 0,86       | 0,47 | 0,63 | 0,78 | 0,91 |
|                     | 01/Dez | 0,51 | 0,41 | 0,38 | 0,60 | 0,57 | 0,69       | 0,58 | 0,62 | 0,85 | 0,92 |

Subperíodos: S1 = emergência – 30 dias após a emergência; S2 = 30 dias após a emergência – início do pendoamento; S3 = início do pendoamento – 30 dias após o início do pendoamento; S4 = 30 dias após o início do pendoamento – maturação fisiológica; S5 = Emergência – maturação fisiológica

evapotranspiração deve-se à evaporação da água do solo. No final do ciclo, durante o subperíodo de 30 dias após o início do pendoamento até a maturação fisiológica, o consumo de água da cultura decresce, devido à redução da área foliar pela senescência das folhas.

### Conclusões

A probabilidade de a precipitação pluvial ser igual ou superior à evapotranspiração máxima do milho, no Rio Grande do Sul, é inferior a 0,60, em 68% dos casos; as menores probabilidades ocorrem durante os subperíodos compreendidos entre 30 dias após a emergência a 30 dias após o início da floração.

Durante a floração, em 95% dos casos a probabilidade de a precipitação pluvial ser igual ou superior à evapotranspiração máxima é menor que 50%; para o nível de 70% da ET<sub>m</sub>, esta mesma probabilidade ocorre em 40% dos casos.

Júlio de Castilhos, São Gabriel e Rio Grande são as localidades que apresentam as menores probabilidades, com alto risco à produção de milho; Passo Fundo e Veranópolis apresentam as maiores probabilidades, indicando regiões de menor risco à produção de grãos.

As épocas de semeadura que apresentam as menores probabilidades durante o ciclo completo da cultura, são outubro e novembro; durante o subperíodo crítico (S3), as épocas de maior risco são setembro e outubro.

### Referências bibliográficas

- ÁVILA, A.M.H. de 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.
- BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS. 1992. P. 11-24.
- BISOTTO, V. Algumas considerações sobre a cultura do milho. In: **Indicações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO/ EMBRAPA Trigo/ EMATER/RS/ FECOAGRO/RS, 2001. 195 p. (Boletim Técnico, n. 6).
- CAMPOS, H. de **Estatística experimental não-paramétrica**. 4. ed., Piracicaba: Departamento de Matemática e Estatística - ESALQ, 1983. 349 p.
- MATZENAUER, R. et al. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 105 p. (Boletim FEPAGRO, 10).
- MATZENAUER, R. et al. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura do milho na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 263-273, 2000.