



## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

### WATER DEFICIT RISK FOR FOREST AND FRUIT SPECIES IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL, SOUTHERN BRAZIL

Marcos Silveira Wrege<sup>1</sup>, Carlos Reisser Júnior<sup>2</sup>, Silvio Steinmetz<sup>3</sup>, Bernadete Radin<sup>4</sup>, Elenice Fritzsons<sup>5</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi identificar, no Rio Grande do Sul, zonas homogêneas quanto ao risco de deficiência hídrica e contribuir, assim, para estudos de riscos climáticos na agricultura, pecuária e florestas. As regiões foram delimitadas por análise de agrupamento, com variáveis classificatórias definidas pelo déficit hídrico resultante da diferença entre a pluviosidade (P) e a evapotranspiração potencial (ETP), considerando-se a reserva de água nos solos com capacidade de armazenamento (CAD) de 50, 75 e 100 mm de água. A análise permitiu o reconhecimento de seis zonas com risco homogêneo no Rio Grande do Sul. O Sul do Estado apresenta maior risco de deficiência hídrica no verão, principalmente na Fronteira Oeste com o Uruguai e a Argentina, enquanto o Nordeste apresenta o menor risco. Na primavera, os riscos são intermediários e, no outono, os riscos são baixos, mantendo a tendência de maior risco na Metade Sul do Estado, principalmente na Fronteira Oeste. No inverno, o risco é praticamente nulo em todo o Estado.

**Palavras-chave:** riscos climáticos, zonas homogêneas, balanço hídrico.

#### ABSTRACT

The aim of this study was to identify, in the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil, homogeneous zones regarding water deficit risk and thus to contribute to studies of climate risks in agriculture, livestock and forestry. The regions were delimited by cluster analysis, being the classificatory variables defined by the availability of water resulting from the difference between the rainfall (P) and the potential evapotranspiration (ETP), considering the water reserve in the soil with a storage capacity (CAD) of 50, 75 and 100 mm of water. The analysis allowed the recognition of six zones with homogeneous risk in the State of Rio Grande do Sul. The Southern State has a higher risk of water deficit in the summer, especially in West Frontier with Uruguay and Argentina, while the Northeast has the lowest risk. In the spring, the risks are intermediaries and in the fall, the risks are low, continuing the trend of increased risk in the Southern State, mainly in West Frontier. In winter, the risk is virtually null throughout the state.

**Key-words:** climatic risks, homogeneous zones, water balance.

Recebido em: 26/07/2016

Aceito em: 21/08/2017

<sup>1</sup> Embrapa Floresta, e-mail: marcos.wrege@embrapa.br

<sup>2</sup> Embrapa Clima Temperado, e-mail: carlos.reisser@embrapa.br

<sup>3</sup> Embrapa Clima Temperado, e-mail: silvio.steinmetz@embrapa.br

<sup>4</sup> Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, e-mail: radin@fepagro.rs.gov.br

<sup>5</sup> Embrapa Floresta, e-mail: elenice.fritzsons@embrapa.br

## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

### 1. INTRODUÇÃO

O Sul do Brasil é uma das regiões agrícolas mais importantes do país, principalmente na produção de grãos, como a soja, o milho, o trigo, o arroz irrigado, entre outras, mas também se destacando na produção pecuária e florestal, com produtividades elevadas de eucalipto e pinus.

Nos últimos anos, tem ocorrido aumento da área plantada com espécies florestais, principalmente eucalipto, sendo buscadas novas zonas para plantio, fora das regiões tradicionais, visando atender ao aumento de demanda mundial por madeira e celulose. O Rio Grande do Sul é um dos estados que tem sido procurado.

Considerando-se as mudanças climáticas e a importância que a agricultura da Região Sul tem para o país, os estudos do clima têm importância estratégica para a produção de alimentos e produção florestal, na gestão de riscos agrícolas e nas questões ambientais.

Apesar das mudanças climáticas, a agricultura, a pecuária e o setor florestal no país atingiram alto desempenho com o domínio das técnicas de cultivo em regiões tropicais, alcançando safras recordes com o aumento da produtividade, praticamente sem expandir a área plantada. Essa conquista se deu em grande parte ao melhoramento genético, mas também ao aperfeiçoamento de ferramentas de planejamento de uso da terra, como o zoneamento agrícola, o qual se baseia na quantificação dos riscos decorrentes de fatores climáticos adversos (Schubnell, 1998).

O zoneamento agrícola tornou-se instrumento de política agrícola, orientando os produtores quanto aos tipos de cultura a serem plantadas em cada região e às épocas de plantio mais favoráveis para as culturas anuais (Assad et al., 2001).

O mais importante fator de risco na agricultura na Região Sul do país, juntamente com o risco de geadas, é a estiagem, responsável pela maioria dos sinistros agrícolas (Göpfert et al., 1993). Existem vários índices climáticos que podem quantificar a estiagem, sendo um deles o risco de ocorrência de déficit

hídrico, medido pelo cálculo probabilístico da frequência com que o armazenamento de água no solo ultrapassa um limite crítico, causado pelo balanço entre a diferença da pluviosidade ( $P$ ) e da evapotranspiração potencial ( $ETP$ ), considerando também o armazenamento de água nos solos.

A quantificação deste risco permite auxiliar na definição do calendário agrícola e na distribuição geográfica natural das espécies (Wrege et al., 2011).

A aplicação do risco de deficiência hídrica exige o agrupamento das observações segundo critérios de similaridade, considerando sua evolução ao longo do tempo (um ano) (Keller Filho et al., 2005). A análise de agrupamento considera um conjunto inicial de objetos, onde são associadas medidas de várias grandezas denominadas variáveis classificatórias, utilizadas para se obter grupos de objetos assemelhados em relação aos valores assumidos por essas variáveis (Keller Filho et al., 2005; Everitt, 1993).

Vários trabalhos foram publicados sobre análise hierárquica de agrupamento, definindo regiões climaticamente homogêneas, como os de Keller Filho et al. (2005), Diniz et al. (2003) e Ribeiro et al. (2011).

O objetivo desse trabalho foi identificar grupos de estações meteorológicas similares e, através disso, identificar regiões homogêneas quanto ao risco de deficiência hídrica no Rio Grande do Sul, contribuindo, assim, para estudos de riscos climáticos para os setores da agricultura, da pecuária e de florestas.

### 2. MATERIAIS E MÉTODO

Foram usados dados de duas redes de estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, uma com 143 estações pluviométricas e outra com 32 estações com dados de temperatura e pluviosidade (Figura 1). Os valores de evapotranspiração potencial foram calculados, usando a temperatura, pelo método de Thornthwaite (1948), para as 32 estações.

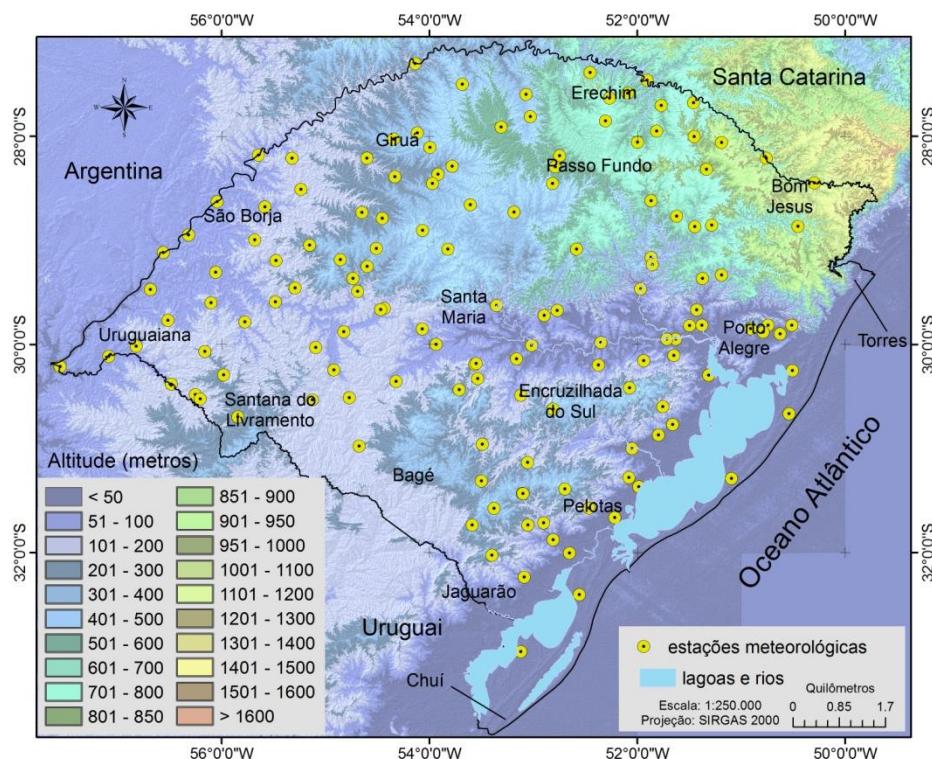
Primeiramente, os dados foram avaliados quanto à ausência de erros,

## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

completude e consistência. O período considerado foi de 1976-2005, com séries climáticas completas tanto quanto possível e

com pelo menos 30 anos de registros para o cálculo das normais climatológicas.

**Figura 1 - Rede de estações meteorológicas no Rio Grande do Sul (Fepagro, 8o Disme/Inmet, ANA, Embrapa, UFPel) e mapa de altitude.**



Posteriormente, os dados foram georreferenciados com latitude e longitude (em graus decimais e valores negativos) e altitude (em metros). Na primeira etapa, foram calculados os valores de evapotranspiração potencial (equações 1 a 4), seguindo os seguintes passos:

### Equação 1

$$ETP = f \times 16 \times \left(10 \times \frac{tmed}{I}\right)^a$$

### Equação 2

$$f = [0,006 \times (-1) \times \text{latitude} + 1,01]$$

### Equação 3

$$I = \sum_{n=1}^{12} (tmed/5)^{1,514} \quad ($$

### Equação 4

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 0,01791 \times I + 0,492$$

Em que:

f: representa a função de ajuste do modelo para cada local, considerando-se que a equação é dada para calcular a ETP em um período de 12 horas de brilho solar, o que não ocorre em todas as regiões;

I: é o índice anual de calor;

a: é a função cúbica do índice anual de calor;

tmed: é a temperatura média do ar nos meses de janeiro a dezembro, em °C;

$\sum_{n=1}^{12} tmed$ : é o somatório das temperaturas médias do ar de janeiro a dezembro, em °C.

A latitude, na equação, foi expressa em graus decimais negativos e serviu para calibrar os valores de ETP para cada local.

Na etapa seguinte, os dados das 32 estações para as quais foram calculados os valores de evapotranspiração potencial (ETP) foram usados para gerar equações de regressão linear simples, permitindo que a evapotranspiração potencial fosse calculada em

## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

função da latitude, longitude e altitude para qualquer ponto georreferenciado do Rio Grande do Sul (Tabela 1). Com isso, foi possível estimá-la para todos os 143 pontos georreferenciados da rede de estações pluviométricas e calcular os valores do balanço hídrico e do risco de deficiência hídrica, conforme Equação 5:

### Equação 5

$$\text{Balanço hídrico} = P - ETP + ARM$$

P: precipitação pluviométrica total (mm) ocorrida em cada decêndio do ano nas 143

Tabela 1 - Coeficientes das equações de regressão linear simples usadas para calcular a evapotranspiração potencial (ETP) em função da longitude, da latitude e da altitude para a região Sul do Brasil.

Estação	Constante	$\alpha$	$\beta$	$\chi$
Primavera	-340,493	-6,68142	-6,63283	0,078486
Verão	2123,052	30,0753	16,7909	0,079605
Outono	-200,146	-5,94206	-1,68839	0,05584
Inverno	-892,158	-5,14189	-30,2402	0,065012

### Equação 6

$$ETP = \text{constante} + \alpha \times \text{longitude} + \beta \times \text{latitude} + \chi \times \text{altitude}$$

Quando em um dia de um decêndio o balanço hídrico era desfavorável, apontando um déficit hídrico no solo maior que 20 mm, era considerado risco de ocorrência de déficit hídrico. A cada decêndio, foram verificados quantos dias encontravam-se na condição de risco, segundo a equação 7:

### Equação 7

$$\text{Risco de déficit hídrico (\%)} = (\text{dias com déficit} / 10) \times 100$$

Assim, para cada decêndio, foi calculado o risco de ocorrência de déficit hídrico (em %) para cada valor de capacidade de armazenamento de água nos solos (CAD) de 50, 75 e 100 mm e, finalmente, foram calculadas as médias de risco para as estações primavera, verão, outono e inverno. Esses

estações pluviométricas e nas 32 estações com dados de pluviosidade e evapotranspiração potencial;

ETP: evapotranspiração potencial total ocorrida por decêndio em todo o ano (mm), calculada para cada uma das 32 estações com dados de pluviosidade e temperatura pelas equações 1 a 4 ou para cada uma das 143 estações pluviométricas pela equação 6.

ARM: armazenamento de água pelos solos, de acordo com o balanço entre P e ETP e a capacidade de armazenamento (CAD) de cada tipo de solo.

valores de CAD foram escolhidos de acordo com as espécies frutíferas e florestais presentes no Estado (espécies do gênero eucalipto e pinus, acácia negra, além de pessegueiro, nectarínea, macieira etc.).

Além da análise de agrupamento, foram feitos os mapeamentos dos riscos de deficiência hídrica para as capacidades de armazenamento de água nos solos (CADs) de 50, 75 e 100 mm na primavera, verão, outono e inverno, por meio da técnica de krigagem ordinária.

Finalmente, foi escolhido o procedimento mais adequado para formação de grupos homogêneos de risco de deficiência hídrica, utilizando os valores probabilísticos.

A análise de agrupamento desdobrou-se em quatro etapas: escolha das variáveis classificatórias, especificação de uma medida de similaridade, seleção do método de agrupamento e decisão quanto ao número de grupos a serem formados.

#### 2.1. Variáveis classificatórias

## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

A escolha das variáveis classificatórias reflete o julgamento do investigador sobre a relevância das variáveis climáticas, de acordo com os propósitos da pesquisa. Na agricultura, geralmente a temperatura e a pluviosidade são as variáveis mais escolhidas, na escala temporal mensal, estacional ou anual. A escala anual não reflete as flutuações sazonais que ocorrem ao longo do ano. Por essa razão, as variáveis classificatórias foram escolhidas de forma a captar as flutuações na escala estacional. Assim, foram calculados decencialmente os valores dos riscos de déficit hídrico e feitas médias estacionais para a primavera, verão, outono e inverno.

Em cada ponto de observação meteorológica fez-se a caracterização do perfil estatístico dos riscos ao longo do período de um ano.

### 2.2. Medida de similaridade

É fundamental que, na análise de agrupamento, seja definida uma medida de similaridade ou de distância entre os grupos a serem formados (Keller Filho et al., 2005). Neste caso, foi escolhida a medida métrica euclidiana, porque as variáveis classificatórias selecionadas são medidas reais.

### 2.3. Método de agrupamento

Com o avanço da tecnologia e do uso da computação, foram desenvolvidos muitos métodos de agrupamento de objetos. Dois deles se distinguem: métodos não hierárquicos e métodos hierárquicos.

Não é possível, em princípio, estabelecer o número ideal de agrupamentos para os riscos de deficiência hídrica e, por esse motivo, os métodos hierárquicos aglomerativos são os mais recomendados (Kaufman e Rousseau, 1990).

Entre as técnicas de agrupamento hierárquico destacam-se: ligação simples, ligação completa, método centróide, método da mediana, método das médias dos grupos e método da variância mínima (Ward's Method).

Para este trabalho, foi escolhida a técnica da variância mínima (Ward, 1963), recomendado por Edelbrock (1979).

### 2.4. Número de grupos

A escolha do número de grupos a serem usados baseou-se na análise gráfica do dendograma e no gráfico da 'Distância de Aglomeração'. Para os grupos formados, foi calculada a média dos valores de risco de deficiência hídrica na primavera, verão, outono e inverno utilizando as estações meteorológicas pertencentes ao mesmo agrupamento, apresentados em gráficos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação de zonas homogêneas de risco de deficiência hídrica é importante no processo de seleção de zonas de menores riscos climáticos a serem usadas no zoneamento agrícola. O conhecimento dos padrões de riscos é importante e pode ser usado como ferramenta para o planejamento agrícola e, portanto, pode auxiliar na escolha das espécies a serem plantadas, com baixos riscos climáticos (Keller Filho et al., 2005).

Na região Sul, atuam sistemas atmosféricos complexos, sendo responsáveis pela ocorrência de seis diferentes zonas homogêneas quanto aos riscos de deficiência hídrica. Essas zonas, analisadas em conjunto com as condições de relevo, permitem verificar o desenvolvimento de diferentes sistemas de exploração agrícola (Keller Filho et al., 2005; Nobre, 1988) (Figuras 2 a 5).

### 3.1. Grupo 1

Grupo formado pelas estações meteorológicas que ocorrem principalmente nas bordas das regiões serranas do Rio Grande do Sul, envolvendo a Serra do Nordeste e a Serra do Sudeste, tem baixo risco de déficit hídrico (<10%), exceto no verão, quando os riscos são intermediários e atingem os valores de até 20%, considerando-se a capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 50 mm. No inverno, os riscos são menores (Figuras 2 a 6).

## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

Figura 2A - Risco de déficit hídrico (%) no Rio Grande do Sul, considerando capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 50 mm na primavera.

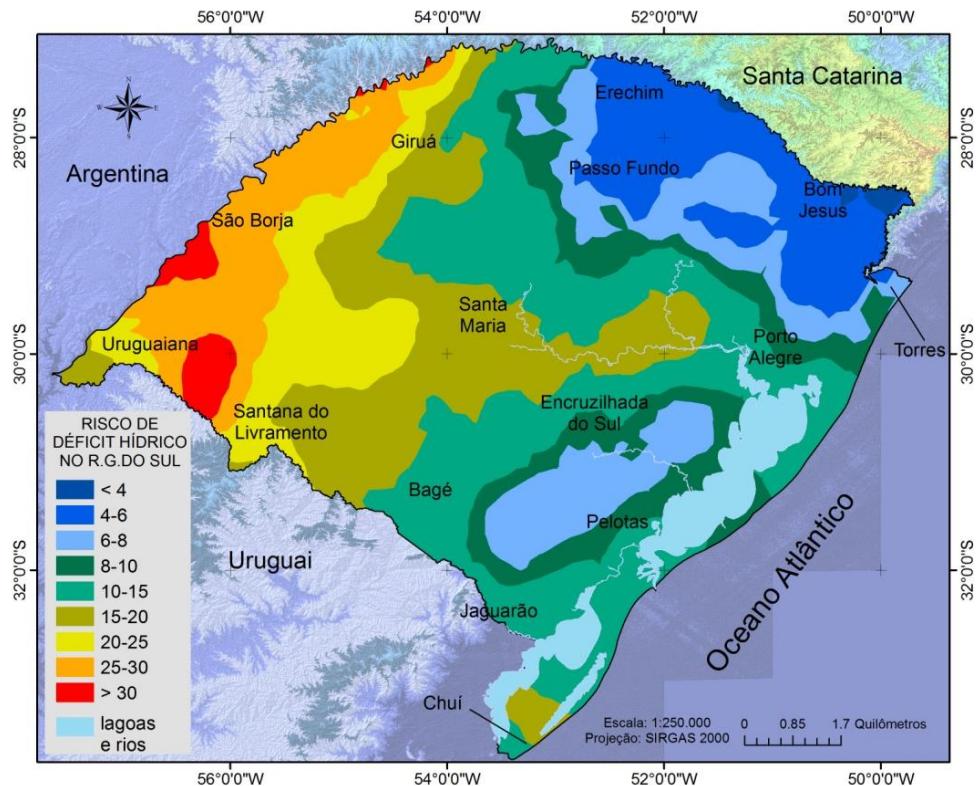
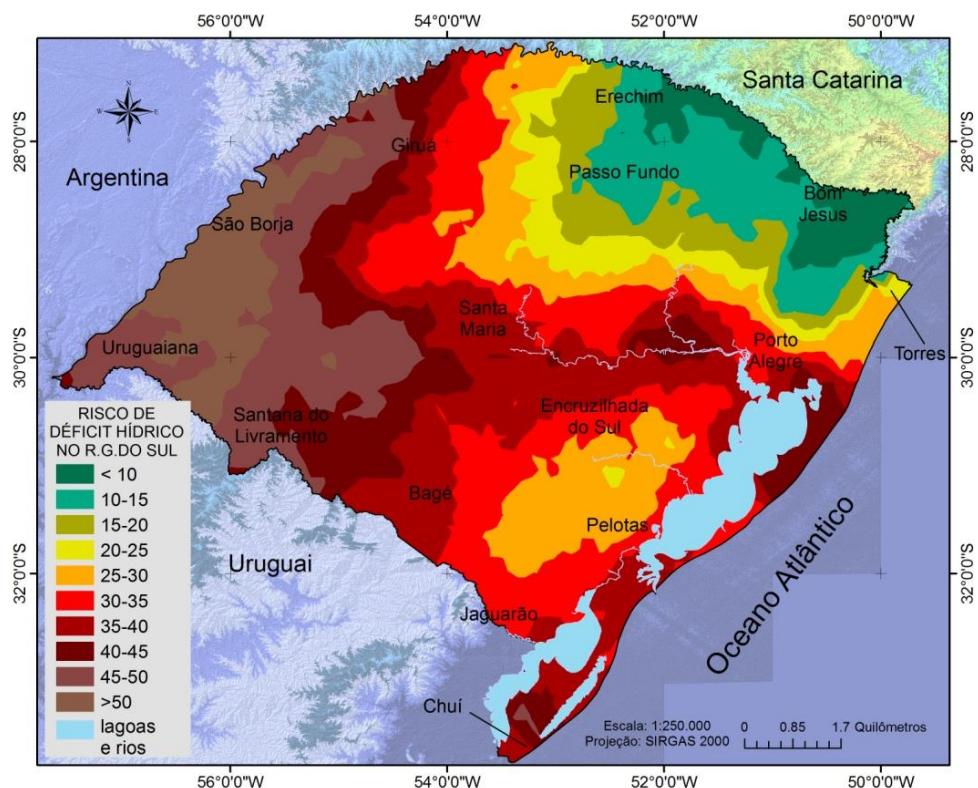
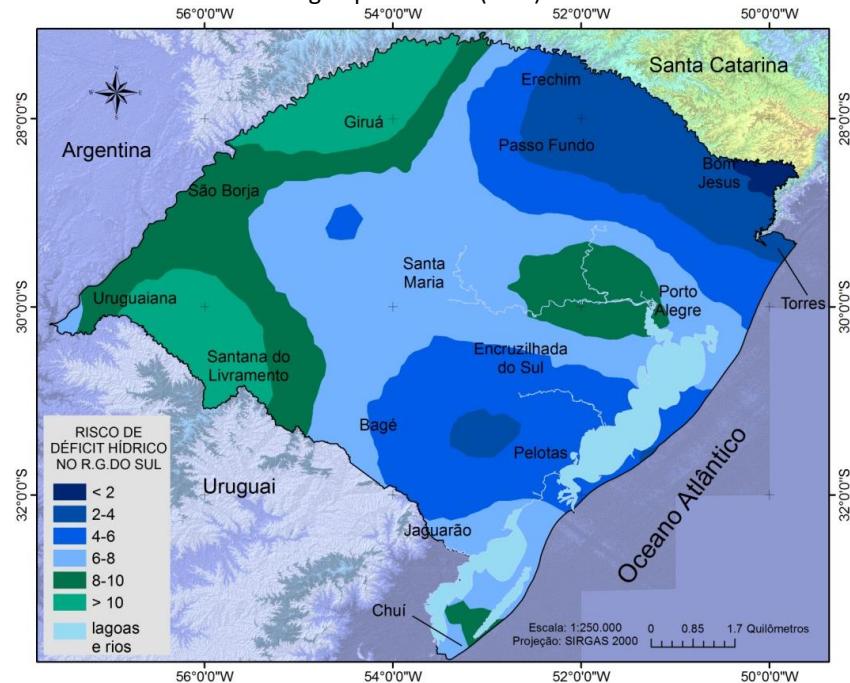


Figura 2B - Risco de déficit hídrico (%) no Rio Grande do Sul, considerando capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 50 mm no verão.



## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

Figura 2C - Risco de déficit hídrico (%) no Rio Grande do Sul, considerando capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 50 mm no outono.

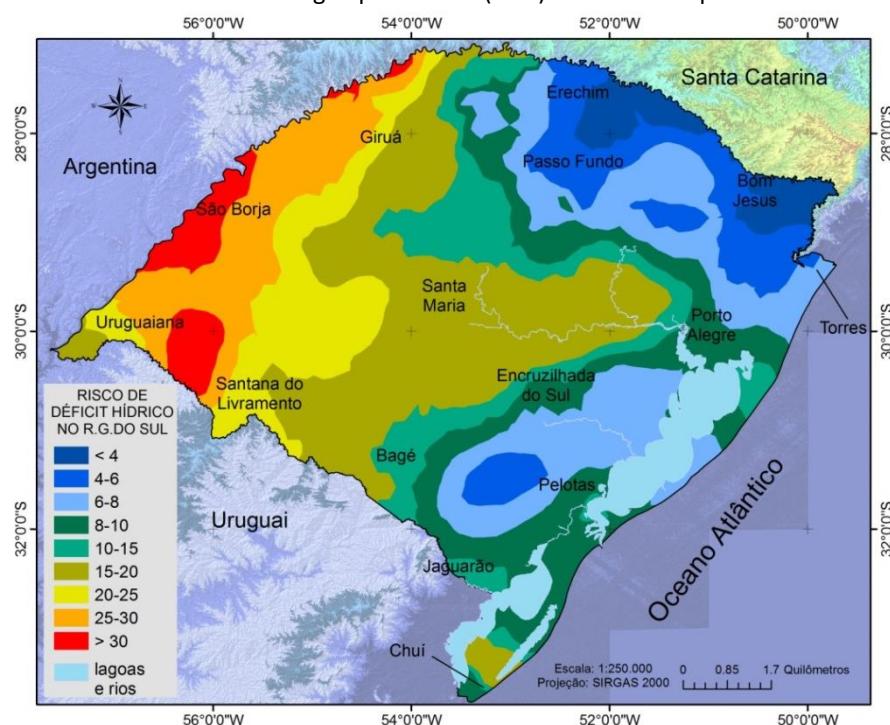


### 3.2. Grupo 2

Este grupo é formado pelas estações meteorológicas que ocorrem nas regiões serranas do Rio Grande do Sul, principalmente as estações concentradas na Serra do Nordeste,

mas também com alguns pontos na Serra do Sudeste. É a região com os menores riscos de deficiência hídrica no Estado, não atingindo 10%, mesmo no verão. Os riscos são baixos no inverno.

Figura 3A - Risco de déficit hídrico (%) no Rio Grande do Sul, considerando capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 75 mm na primavera.



## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

Figura 3B - Risco de déficit hídrico (%) no Rio Grande do Sul, considerando capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 75 mm no verão.

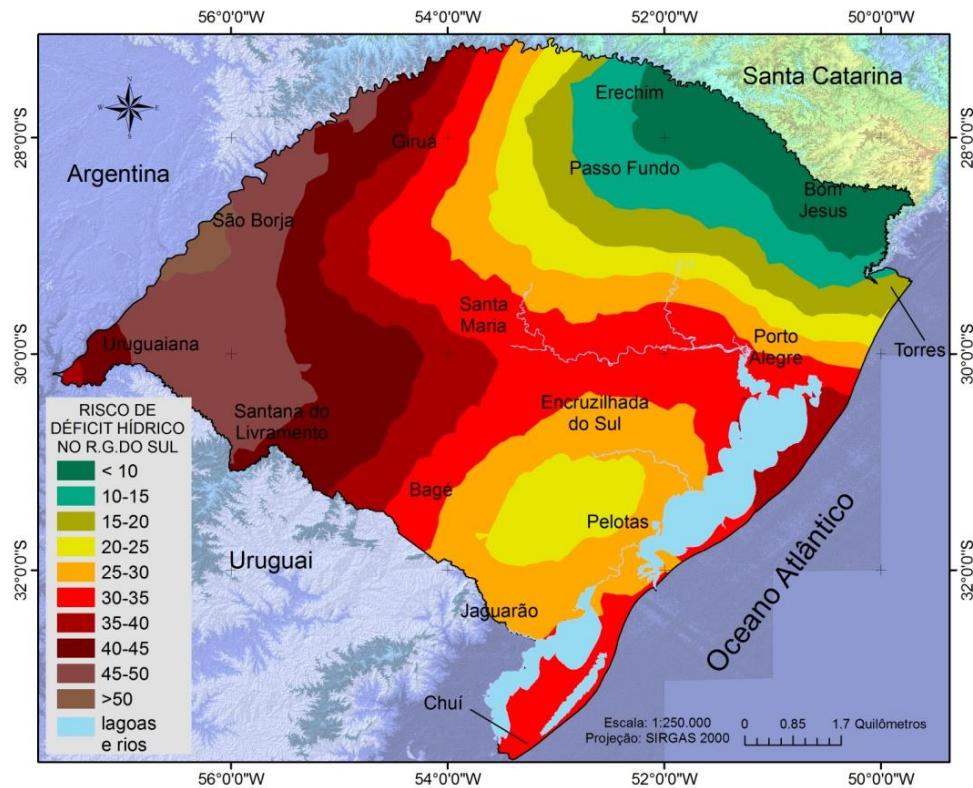
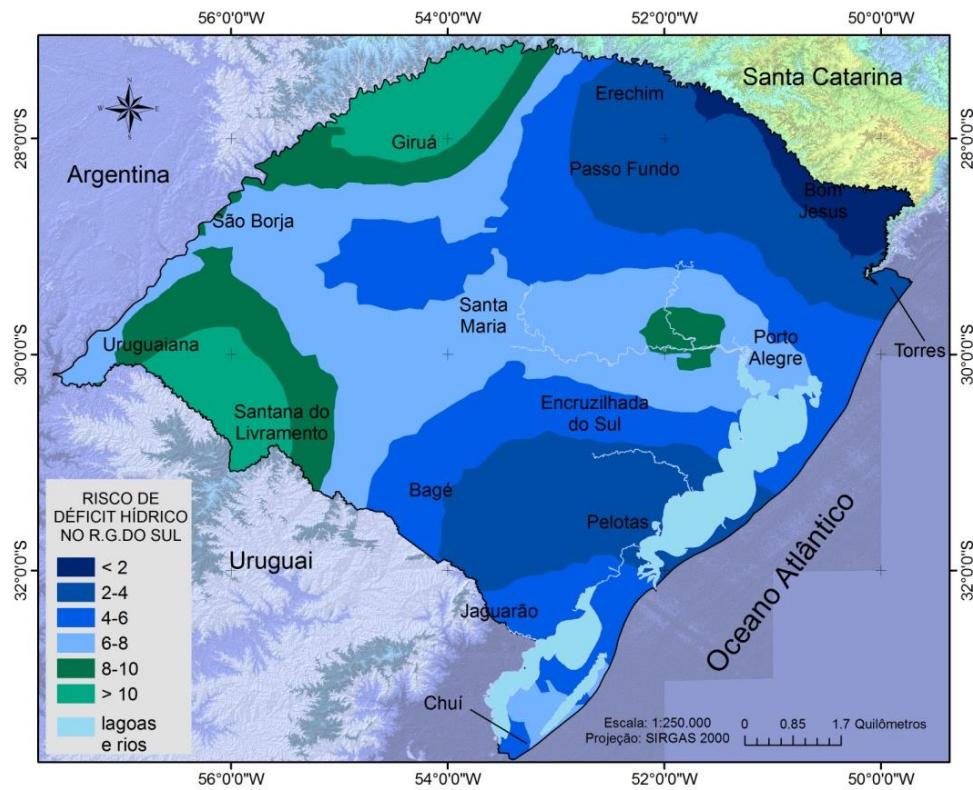


Figura 3C - Risco de déficit hídrico (%) no Rio Grande do Sul, considerando capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 75 mm no outono.



## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

### 3.3. Grupo 3

Neste grupo, estão as estações meteorológicas encontradas nas bordas das lagoas do Rio Grande do Sul (Lagoas dos Patos, Mangueira e Mirim), incluindo o extremo sul gaúcho e a região intermediária entre a calha do Rio Uruguai, na Fronteira Oeste com a Argentina, e a Serra do Nordeste. Nessa região, o risco de déficit hídrico é intermediário, sendo elevado no verão, quando chega até os 30%, para uma capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 50 mm. No outono e no inverno os riscos ficam em torno de 10%. No inverno, o risco é o mais baixo, praticamente nulo.

### 3.4. Grupo 4

O Grupo 4 é formado pelas estações presentes na Depressão Central, basicamente, onde o risco de deficiência hídrica é elevado, principalmente no verão, quando chega a mais de 40%. Na primavera, os riscos são intermediários, chegando a quase 20%, e no

outono os riscos são baixos, menores que 10%. No inverno, o risco é praticamente nulo.

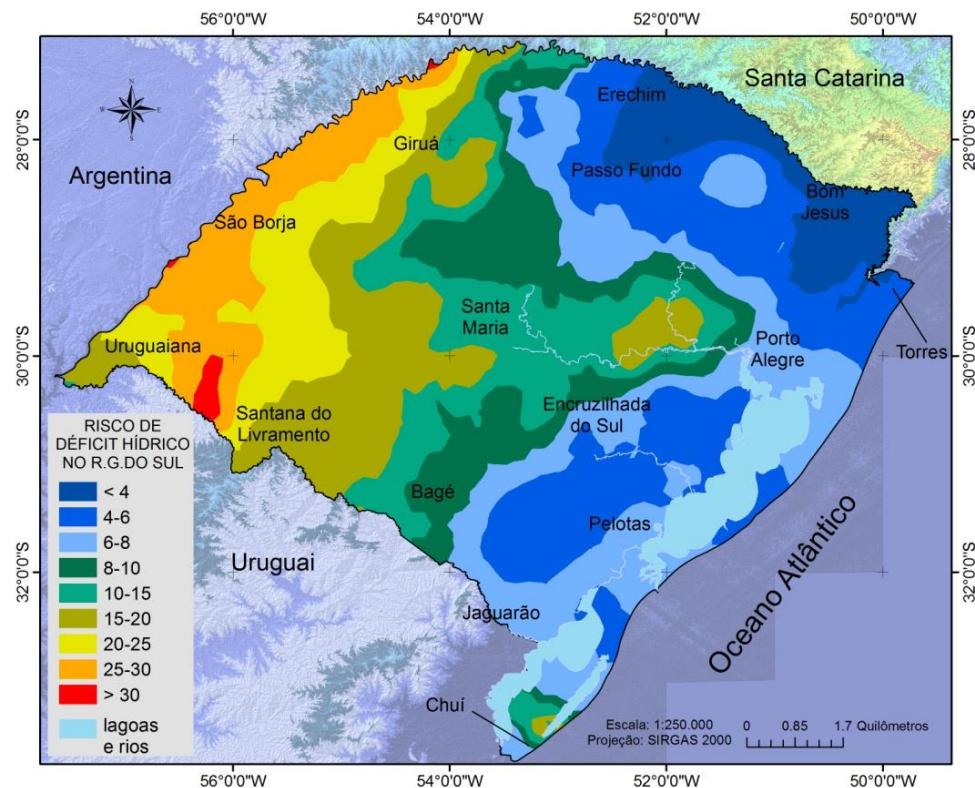
### 3.5. Grupo 5

A calha do Vale do Rio Uruguai é a região do Estado com os maiores riscos de deficiência hídrica, com os maiores valores no verão, quando chegam quase a 60%. Os riscos ainda são elevados na primavera, com mais de 30%, e reduzem no outono, quando são de pouco menos de 20%. O inverno é a estação com os menores riscos, que atingem valores inferiores a 10%.

### 3.6. Grupo 6

Neste grupo, estão agregadas as estações que fazem parte da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul com a Argentina e partes da Depressão Central, próximas da Fronteira Oeste. O risco de deficiência hídrica também é elevado, chegando a 50% no verão, pouco mais de 20% na primavera e 10% no outono. No inverno, o risco é praticamente nulo.

Figura 4A - Risco de déficit hídrico (%) no Rio Grande do Sul, considerando capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 100 mm na primavera.



## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

Figura 4B - Risco de déficit hídrico (%) no Rio Grande do Sul, considerando capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 100 mm no verão.

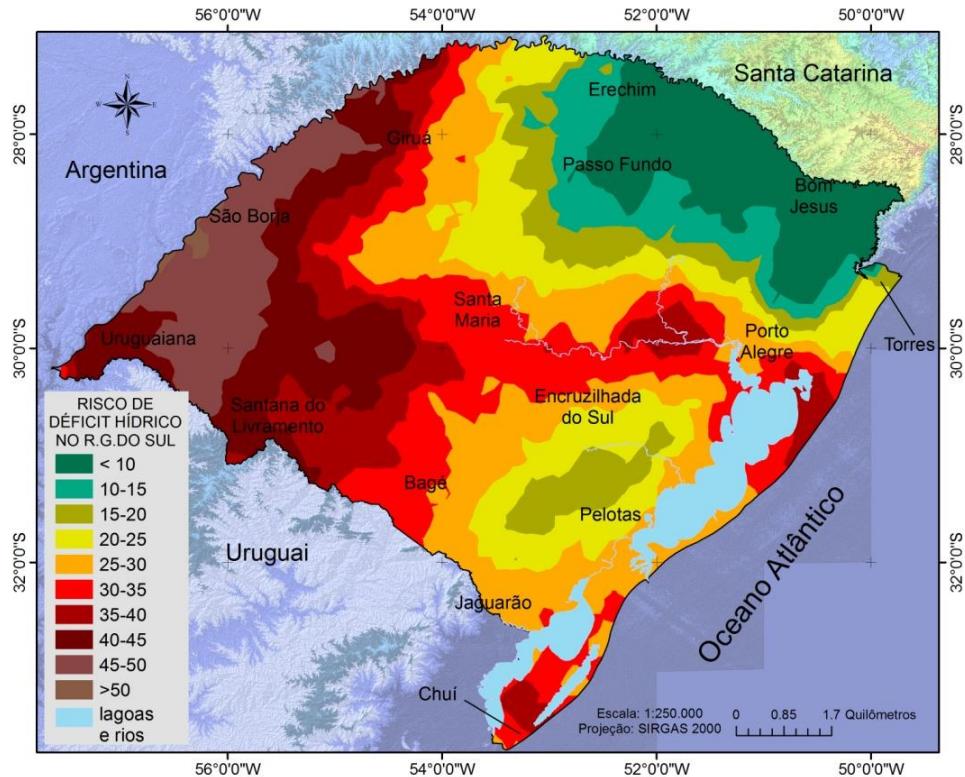
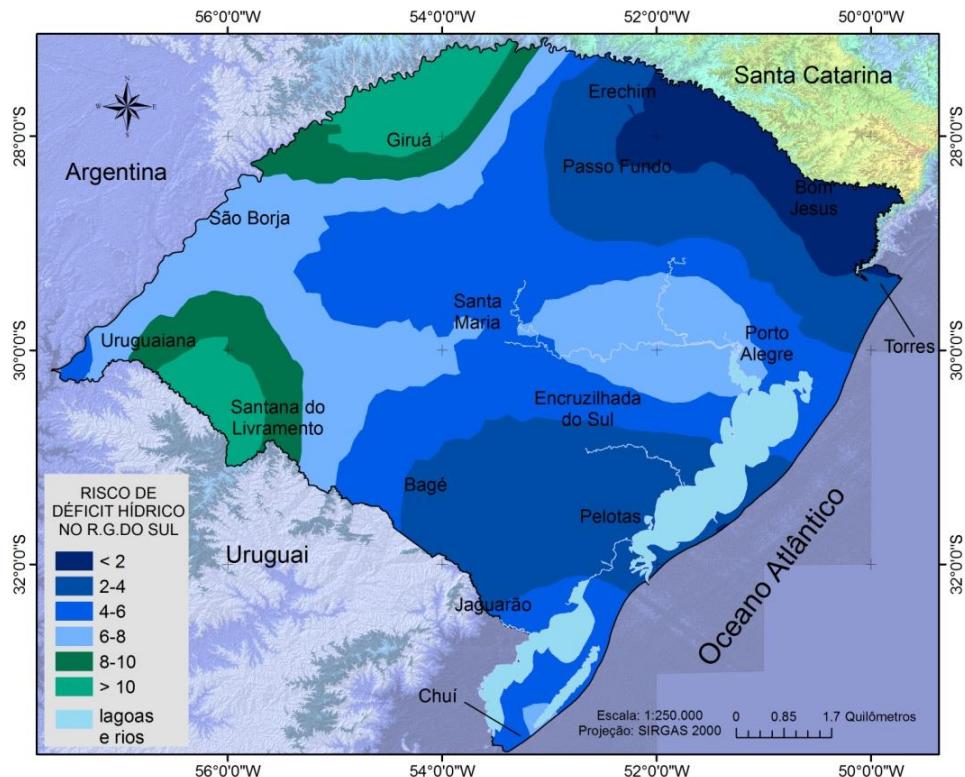


Figura 4C - Risco de déficit hídrico (%) no Rio Grande do Sul, considerando capacidade de armazenamento de água pelos solos (CAD) de 100 mm no outono.

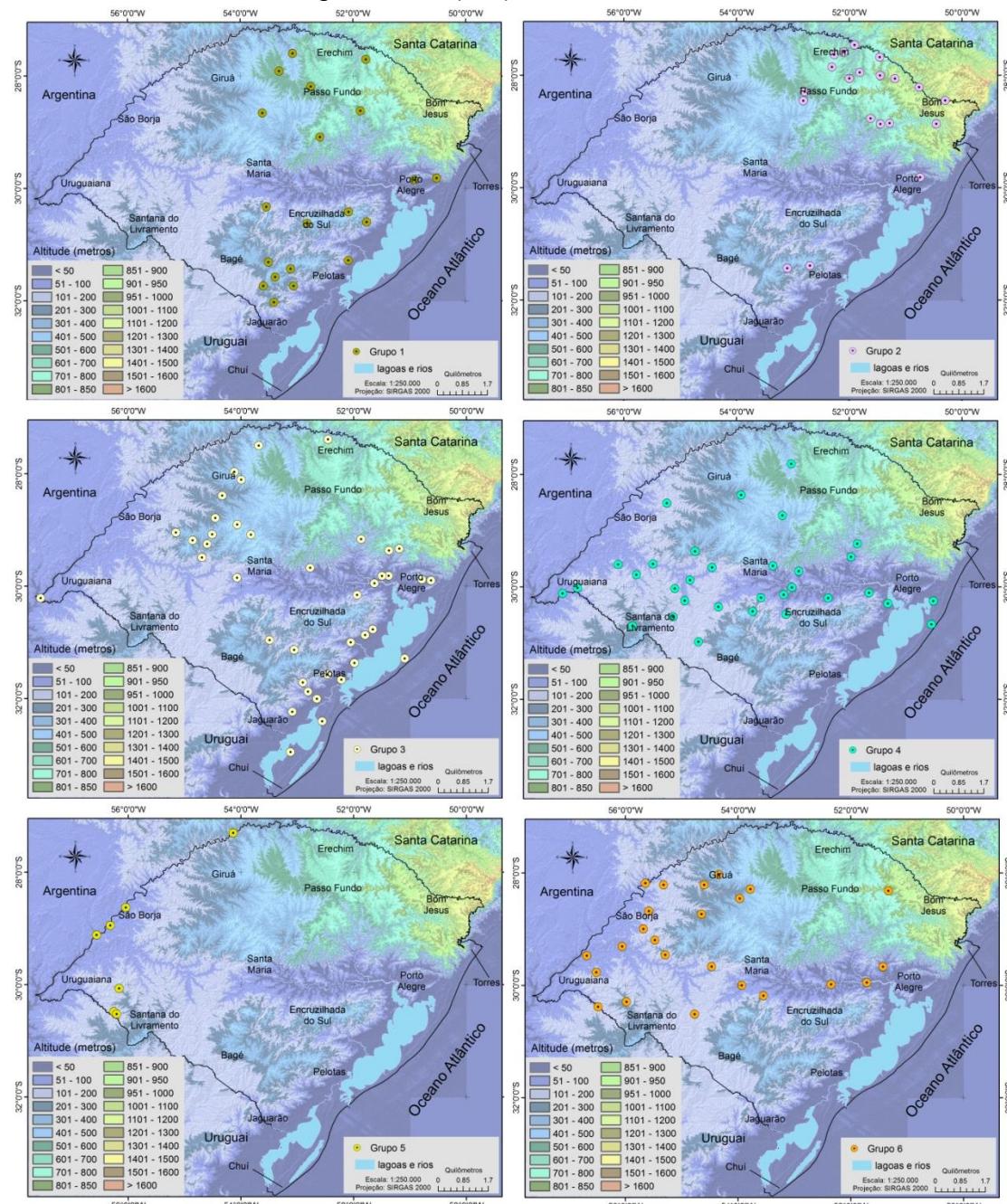


## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

De modo geral, a ocorrência de vórtices ciclônicos de alto nível de origem tropical que provocam chuvas e ventos fortes, a Alta da Bolívia (Marengo et al., 2012; Tedeschi et al., 2014), os sistemas frontais e a zona de convergência do Atlântico Sul, interagindo com as condições de relevo, explicam os motivos de existência de sistemas de exploração agrícola

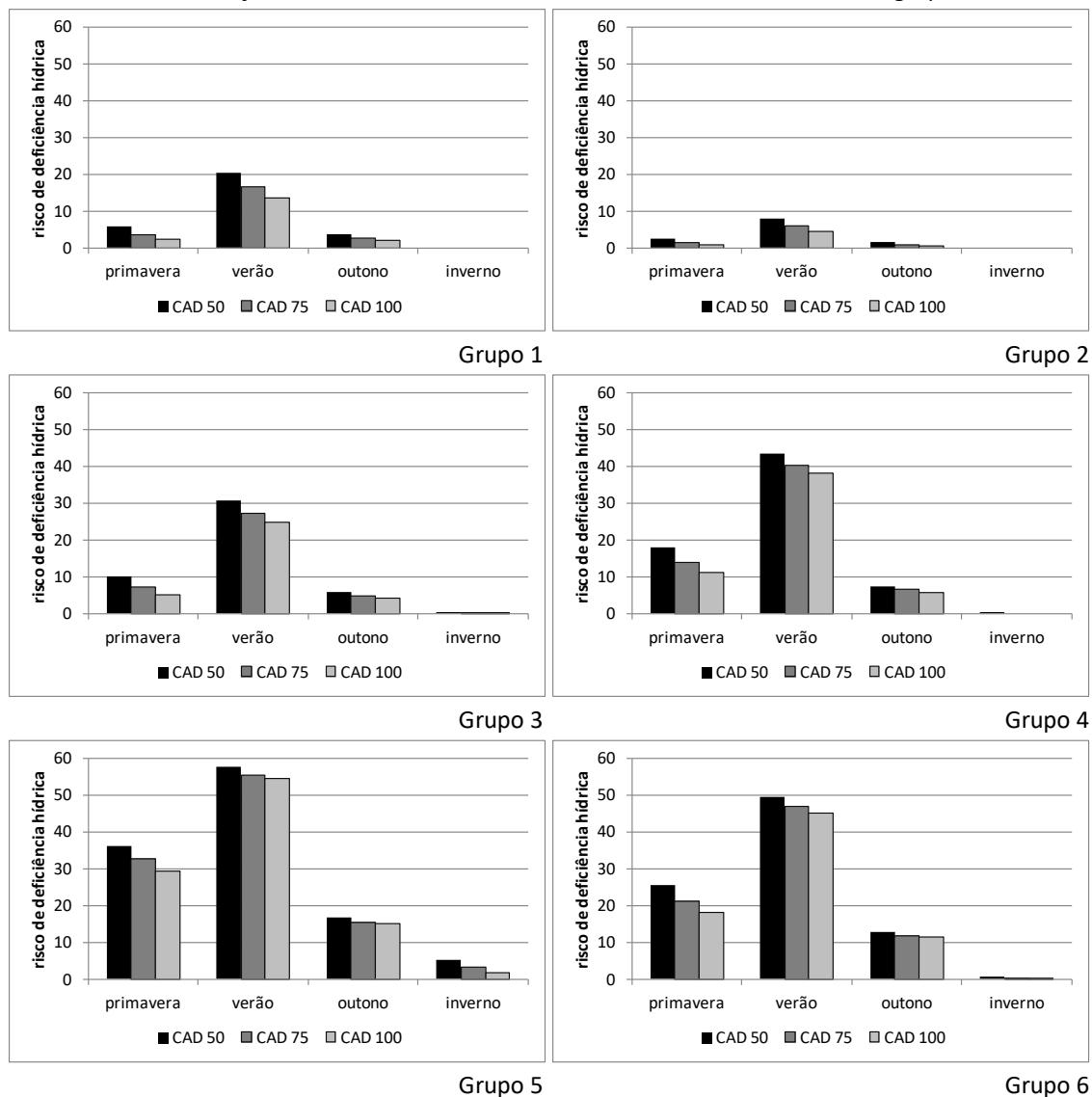
diferenciados no Rio Grande do Sul, com a produção de grãos, fruticultura de clima temperado e subtropical, além de plantios comerciais de espécies florestais, e por essa razão os estudos de zonas homogêneas de risco de deficiência hídrica são importantes na elaboração dos zoneamentos climáticos feitos para essas espécies nessa região do país.

Figura 5 - Distribuição espacial da rede de estações meteorológicas do Rio Grande do Sul conforme as zonas homogêneas de risco de deficiência hídrica, considerando as capacidades de armazenamento de água dos solos (CAD) de 50, 75 e 100 mm.



## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

Figura 6 - Gráfico da média do risco de ocorrência de déficit hídrico (%) para cada grupo de observações similares em cada estação do ano no Rio Grande do Sul, de acordo com a análise de agrupamento.



#### 4. CONCLUSÕES

A análise hierárquica é adequada para a identificação de zonas homogêneas quanto ao risco de deficiência hídrica, permitindo identificar seis zonas homogêneas no Rio Grande do Sul.

O agrupamento dos riscos de deficiência hídrica em zonas homogêneas contribui para auxiliar nos estudos de conservação genética, de riscos climáticos e de zoneamento agrícola.

A Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul com a Argentina e o Uruguai é a região com os

maiores valores de risco de déficit hídrico, principalmente na calha do Rio Uruguai, com os maiores valores verificados no verão e com valores intermediários na primavera. No outono os riscos são baixos e no inverno, praticamente, nulos.

As regiões serranas (Serra do Nordeste e Serra do Sudeste) são as com os menores valores de risco de deficiência hídrica, praticamente durante o ano todo, sempre abaixo de 10% e, praticamente, não têm risco no inverno.

## RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL

As demais regiões no Estado têm valores intermediários de risco de déficit hídrico, concentrando-se mais no verão e, praticamente, com risco nulo no inverno.

Considerando-se o Estado de modo geral, os maiores riscos ocorrem sempre no verão. O risco de deficiência hídrica na primavera é um pouco superior ao do outono e, no inverno, praticamente não existe risco de déficit hídrico.

### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao 8º Disme / INMET, Fepagro, UFPel e ANA pelos dados climáticos.

### 6. REFERÊNCIAS

ASSAD, E.D.; MACEDO, M.A.; CÂMARA, G.; et al. Avaliação de métodos para espacialização de índices de necessidade hídrica das culturas e sua aplicação em zoneamento agrícola. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.9, p.581-587, 2001.

DINIZ, G.B. BERLATO, M.A., CLARKE, R. T., FONTANNA, D. C. Identificação de regiões homogêneas de temperaturas máximas e mínimas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria. V.11, n.2, p. 303-312. 2003.

EDELBROCK, C. Comparing the accuracy of hierarquical clustering algorithms: the problem of classifying everybody. *Multivariate Behavior Research*, v.14, p.367-384, 1979.

GÖPFERT, H.; ROSSETTI, L.A.; SOUZA, J. **Eventos generalizados e segurança agrícola**. Brasília: IPEA, 1993. 65 p.

KAUFMAN, L.; ROUSSEAU, W. **Finding groups in data: an introduction to cluster analysis**. New York: John Wiley & Son, 1990.

KELLER, T.; ASSAD, E.D.; LIMA, P.S. de R. **Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n.4, p.311-322, 2005.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M. et al. Recent developments on the South American monsoon system. *International Journal of Climatology*, v. 32, p. 1-21, 2012.

NOBRE, C.A. Ainda sobre a zona de convergência do Atlântico Sul: a importância do Oceano Atlântico. *Climanálise*, v.3, p.30-33, 1988.

RIBEIRO, C.A.D.; PEZZOPANE, J.R.M.; PEZZOPANE, J.E.M. et al. Delimitação de microrregiões agroclimáticas e suas relações com o potencial produtivo da cultura do eucalipto. *Floresta*, Curitiba, PR, v.41, p.779-786, 2011.

SCHUBNELL, P.R. Redução do risco climático na agricultura: uma abordagem probabilística. 2 - ReSultados obtidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SECURIDADE E ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO MERCOSUL, 1, 1998. p. 513-522, 1991.

SILVA DIAS, M.A.; GRAMMELSBACHER, E. A possível ocorrência do tornado em São Paulo no dia 26 de abril de 1991: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.6, p.513-522, 1991.

TEDESCHI, R. G.; GRIMM, A. M.; CAVALCANTI, I. F. A. Influence of Central and East ENSO on extreme events of precipitation in South America during austral spring and summer. *International Journal of Climatology*, v. n/a, p. n/a-n/a, 2014.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification climate. *Geographical Review*, New York, v.38, p.55-94, 1948.

WARD, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, v.58, p.236-244, 1963.

**RISCO DE DÉFICIT HÍDRICO PARA ESPÉCIES FLORESTAIS E FRUTÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL**

WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C. et al. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.