

ISSN 0104-1347

Risco de ocorrência de granizo no Estado do Rio Grande do Sul

Hail occurrence probability in the State of Rio Grande do Sul, Brazil

Moacir Antonio Berlato¹, Ricardo Wanke de Melo² e Denise C. Fontana³

Resumo - O trabalho teve por objetivo principal calcular as probabilidades de ocorrência sazonal de granizo no Estado do Rio Grande do Sul. Foram utilizados dados de ocorrência do fenômeno de 37 estações das redes de estações meteorológicas do 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) e da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO/SCT), período básico 1944-1996, bem distribuídas nas diversas regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. Foram testadas as funções teóricas de distribuição de Poisson e a distribuição binomial negativa. De acordo com o teste de aderência utilizado (χ^2 – qui-quadrado) e o nível de significância estatística estabelecido (5%), em média, 80% das estações tiveram seus dados sazonais ajustados à distribuição de Poisson, mostrando que essa função é adequada para o cálculo de probabilidade de granizo nas quatro estações do ano no Estado do Rio Grande do Sul. A análise dos dados quantificou e confirmou a informação de que as áreas do Estado com maior risco de ocorrência de granizo são as de maior altitude e maior continentalidade e a estação do ano de maior risco de ocorrência do fenômeno é a primavera e a de menor risco é o outono. Uma das utilizações imediatas destes resultados é nos chamados zoneamentos agroclimáticos de risco das diversas culturas do Estado do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: granizo, probabilidade, Rio Grande do Sul

Abstract - The objective of this study was to calculate the sazonal probabilities of hail occurrence in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. The database contained data from 37 standard meteorological weather stations of 8º DISME/INMET and FEPAGRO network (1944 to 1996) well distributed in several ecoclimatic regions in the state of Rio Grande do Sul. The theoretical function of Poisson distribution and the negative binomial distribution were tested. According to the adherence test (χ^2) at a significance level (5%), on average, 80% of the meteorological weather stations had data adjusted to Poisson distribution, showing that this distribution is suitable to calculate the probability of hail occurrence in the four seasons. The data analysis confirmed and quantified the information that the areas in the state with major hail risk are those of higher altitude and more continentality. The spring is the season with more risk of this phenomena. One of the direct utilization of these results is in the agroclimatic zonation of risk for the several crops in the State of Rio Grande do Sul.

Key words: hail, probability, Rio Grande do Sul, Brazil

¹Professor, doutor, Faculdade de Agronomia da UFRGS. Caixa Postal 776, 91501-970, Porto Alegre, RS. E-mail: mberlato@cpovo.net.br. Bolsista do CNPq.

²Engenheiro Agrônomo. E-mail: wanke@zipmail.com.br

³Professora, doutora, Faculdade de Agronomia da UFRGS. E-mail: dfontana@vortex.ufrgs.br. Bolsista do CNPq.

Introdução

O granizo é um fenômeno altamente prejudicial à agricultura, podendo destruir lavouras inteiras em questão de minutos. No Rio Grande do Sul, as culturas mais atingidas são os cereais de inverno, as frutíferas de clima temperado, como macieira, pessegueiro e videira, o fumo e também as hortaliças.

Os impactos do granizo compreendem o acamamento e quebramento de colmos, quebra de ramos, debulha de grãos, danos em frutos, destruição da parte aérea de plantas, laceração de folhas e desfolhamento. Os efeitos indiretos são a redução da área fotossinteticamente ativa, rompimento da circulação da seiva e criação de ambiente propício ao ataque de moléstias (WESTPHALEN, 1976).

Além dos impactos na agricultura, o granizo causa danos à vegetação natural, a pássaros e animais silvestres e domésticos, a construções, a veículos, podendo ocorrer até perdas humanas.

Apesar de ser um fenômeno meteorológico adverso a várias atividades, especialmente à agricultura, e apesar da existência de séries históricas de observação do fenômeno em todas as estações meteorológicas, o granizo foi muito pouco estudado no Estado. Os trabalhos considerados clássicos sobre o clima do Rio Grande do Sul (ARAÚJO, 1930; MACHADO, 1950; MORENO, 1961) estranhamente não abordaram esse fenômeno.

WESTPHALEN (1976) elaborou uma estatística de ocorrência de granizo nas diversas regiões ecoclimáticas do Estado para o final da estação de cultivo do trigo (agosto a dezembro). Esse autor relatou uma precipitação de granizo de extrema ação destruidora ocorrida na primavera de 1963 (outubro) na Região Ecoclimática Missioneira. Essa tormenta foi acompanhada de ventos de mais de 60km/h e destruiu lavouras, residências, veículos e causou a morte de três pessoas.

Para a agricultura, melhor do que o conhecimento de médias dos diferentes elementos meteorológicos é o conhecimento de probabilidades de ocorrência dos mesmos. As probabilidades fornecem índices de chance de ocorrência de determinados níveis ou valores críticos de fenômenos meteorológicos que são de grande utilidade no planejamento da agricultura.

Para os chamados eventos raros, que têm distribuição discreta, os modelos de distribuição teórica de probabilidade adequados são a distribuição binomial, ou de Bernoulli, a distribuição de Poisson, a distribuição geométrica e a distribuição binomial negativa (DALE, 1976; WILKS, 1995).

No caso de granizo, as distribuições de Poisson e binomial negativa são as que apresentam melhor ajuste (THOM, 1966; DALE, 1976; ASSIS *et al.*, 1996). Segundo THOM (1966), a distribuição de Poisson ajusta-se bem quando a frequência de ocorrência de granizo não é muito alta e quando a média se aproxima da variância. A distribuição binomial negativa é indicada no caso contrário.

SILVA & SILVA (1981) usaram a distribuição de Poisson para o cálculo de probabilidade de ocorrência anual de granizo no Rio Grande do Sul, para 38 estações meteorológicas e um período de 16 anos. Embora com período de observação muito pequeno para esse tipo de fenômeno, os autores verificaram que a distribuição de Poisson se ajustou em “quase todos os casos”.

Mas recentemente, MELO *et al.* (1998) utilizando dados anuais de ocorrência de granizo de 41 localidades do Estado do Rio Grande do Sul no período básico 1944-1996, mostraram que, na maioria das localidades, os dados de observação de granizo se ajustaram à função de distribuição de Poisson. Os mesmos autores, em exercício preliminar (não publicado) com as séries mensais de ocorrência de granizo, observaram que, ao contrário das séries anuais, na maioria dos meses do ano, poucas estações tiveram seus dados ajustados às distribuições de Poisson e binomial negativa. Os meses que tiveram menor número de ajustamento coincidem com aqueles de muito baixa frequência de ocorrência de granizo, ou seja, séries com dominância absoluta de zeros (não ocorrência). Por exemplo, em março, que é o mês do ano de menor frequência de ocorrência do fenômeno em todo o Estado, apenas 10 das 37 estações se ajustaram aos modelos teóricos testados.

Uma das vantagens de utilização das distribuições teóricas está no fato de que essas distribuições preenchem as lacunas de ocorrência observada; por exemplo, em alguns casos, podem ocorrer observações de 3 granizadas e de 5 granizadas em determinado período, não ocorrendo observações de 4 granizadas. Se existem 5 granizadas e probabilidade de essas 5 ocorrerem, com certeza vai existir probabilidade de ocorrerem 4 granizadas. Se o cálculo for realizado através de probabilidade empírica, estes espaços vazios não serão preenchidos. Outra vantagem é a síntese e suavização da distribuição de probabilidades.

A quantificação dos riscos de ocorrência de granizo nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado é útil ao planejamento da agricultura, especialmente nos casos de zoneamento agroclimático; pode servir de subsídio para efeito de seguro agrícola e,

ainda, pode orientar projetos que visam a proteção dos cultivos dessa adversidade climática.

Em vista do acima exposto, a hipótese testada no presente trabalho é que as séries de ocorrência de granizo totalizadas por estação do ano se ajustam às distribuições teóricas de Poisson e/ou binomial negativa.

O objetivo principal deste trabalho foi, portanto, calcular as probabilidades de ocorrência de granizo nas quatro estações do ano e nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

Foram utilizados dados mensais de ocorrência de granizo de 37 estações das redes de estações meteorológicas do 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) e da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO/SCT), bem distribuídas nas diversas regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). O período básico tomado para estudo foi de 1944 a 1996. Devido às falhas de observações, as séries históricas variaram de 24 a 53 anos (Tabela 1). Entretanto, 97% das estações apresentam período de observação igual ou maior do que 30 anos e 62% têm período igual ou maior do que 40 anos.

Os dados mensais foram totalizados por estação do ano, considerando dezembro-janeiro-fevereiro (verão); março-abril-maio (outono); junho-julho-agosto (inverno) e setembro-outubro-novembro (primavera).

Foram testadas duas funções teóricas de distribuição, para posterior cálculo de probabilidade de ocorrência de granizo: a distribuição de Poisson e a distribuição binomial negativa.

A função de probabilidade de Poisson é dada por (DALE, 1976; ASSIS et al., 1996):

$$pr(x) = \frac{(\bar{x})^x e^{-\bar{x}}}{x!} \quad (1)$$

Essa função associa probabilidades (pr) para todos os possíveis números de ocorrência de granizo (x), inclusive zero (não ocorrência). Por convenção, $0! = 1$. $e = 2,718...$ é a base do logaritmo natural.

O único parâmetro da equação (1) é a média (\bar{x}), dada por:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

A função de probabilidade binomial negativa na sua forma fatorial mais comum, escrita por BLISS & FISHER, 1953, conforme DALE (1976) é dada por:

$$pr(x) = \frac{(K+x-1)!}{x!(K-1)!} \frac{P^x}{(1+P)^{K+x}} \quad (3)$$

onde P e K são os parâmetros da função que foram estimados com base nos dois primeiros momentos (\bar{x} , s^2), pelas relações:

$$P = \frac{1}{x} (s^2 - \bar{x}) \quad (4)$$

$$K = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}} \quad (5)$$

A estimativa de P e K pelo método dos momentos só é válida se o chamado critério de FISHER (DALE, 1976) for satisfeito, que é dado por:

$$(1 + \frac{1}{P})(K + 2) > 20 \quad (6)$$

Ainda segundo DALE (1976), esse critério é satisfeito para a grande maioria dos casos de distribuição binomial negativa.

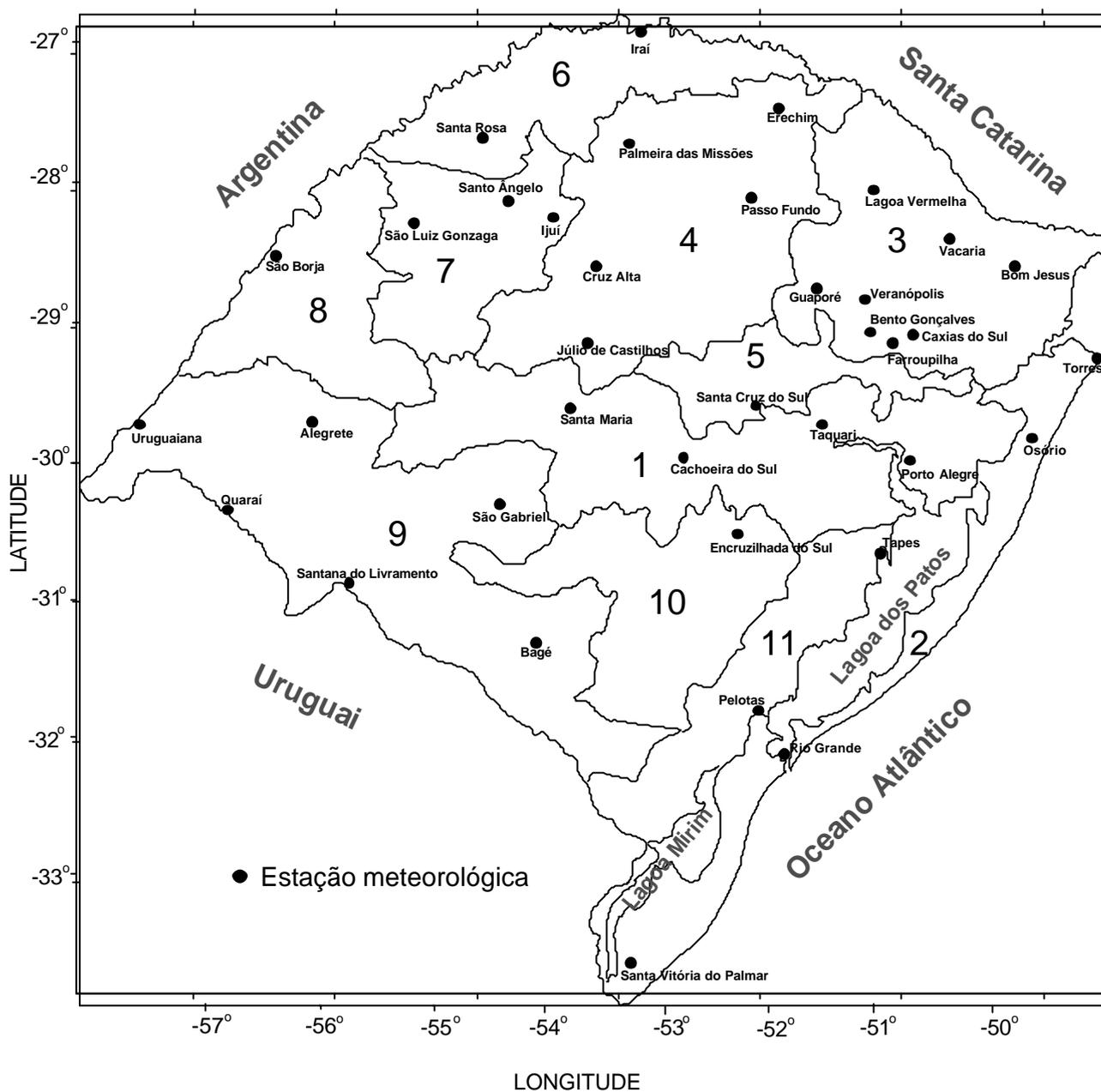
Para avaliação da aderência dos dados observados às funções teóricas de distribuição de probabilidade propostas, foi utilizado o teste de χ^2 (qui-quadrado), dado por (ASSIS et al., 1996):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(Fo_i - Fe_i)^2}{Fe_i} \right] \quad (7)$$

onde k é o número de classes, Fo_i é a frequência observada e Fe_i é a frequência esperada. O grau de liberdade (GL) para o referido teste é dado por:

$$GL = k - p - 1 \quad (8)$$

onde p é o número de parâmetros da distribuição testada.



- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Depressão Central | 7. Missioneira |
| 2. Litoral | 8. Baixo Vale do Uruguai |
| 3. Planalto Superior - Serra do Nordeste | 9. Campanha |
| 4. Planalto Médio | 10. Serra do Sudeste |
| 5. Encosta Inferior - Serra do Nordeste | 11. Região das Grandes Lagoas |
| 6. Alto e Médio Vale do Uruguai | |

Figura 1. Regiões ecoclimáticas e estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Adaptado de RIO GRANDE DO SUL (1994).

O nível de significância estabelecido para o teste de concordância entre frequência esperada e observada foi de $\alpha = 0,05$.

O método clássico de representação espacial de elementos climáticos é o traçado de isolinhas. No caso do granizo isso se torna difícil, primeiro pela

Tabela 1. Estações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul, coordenadas geográficas, período de observação e anos utilizados para a avaliação do risco de ocorrência de granizo.

Local	Latitude sul	Longitude oeste	Altitude (m)	Período	Número de anos utilizados
Alegrete	29° 41'	55° 31'	121	1944-1996	40
Bagé	31° 21'	54° 06'	216	1944-1996	51
Bento Gonçalves	29° 15'	51° 31'	610	1944-1993	49
Bom Jesus	28° 40'	50° 26'	1047	1948-1995	38
Cachoeira do Sul	30° 02'	52° 53'	72	1944-1988	38
Caxias do Sul	29° 10'	51° 12'	787	1944-1996	46
Cruz Alta	28° 38'	53° 36'	472	1944-1996	50
Encruzilhada do Sul	30° 32'	52° 31'	427	1945-1996	50
Erechim	27° 37'	52° 16'	760	1966-1996	30
Farroupilha	29° 14'	51° 26'	702	1963-1996	33
Guaporé	28° 55'	51° 54'	471	1944-1980	35
Ijuí	28° 23'	53° 54'	448	1963-1995	31
Iraí	27° 11'	53° 14'	222	1944-1996	49
Júlio de Castilhos	29° 13'	53° 40'	514	1956-1987	32
Lagoa Vermelha	28° 25'	51° 35'	815	1944-1985	40
Osório	29° 40'	50° 13'	32	1956-1995	40
Palmeira das Missões	27° 53'	53° 26'	634	1944-1986	32
Passo Fundo	28° 15'	52° 24'	667	1944-1996	53
Pelotas	31° 52'	52° 21'	7	1944-1993	47
Porto Alegre	30° 01'	51° 13'	10	1944-1996	52
Quaraí	30° 23'	56° 26'	100	1966-1996	30
Rio Grande	32° 01'	52° 05'	5	1944-1996	53
Santa Cruz do Sul	29° 43'	52° 25'	52	1945-1968	24
Santa Maria	29° 42'	53° 42'	95	1944-1996	52
Santa Rosa	27° 51'	54° 25'	360	1944-1996	38
Santa Vitória do Palmar	33° 31'	53° 21'	5	1944-1996	52
Santana do Livramento	30° 53'	55° 32'	210	1944-1990	40
Santo Ângelo	28° 18'	54° 15'	289	1944-1988	32
São Borja	28° 39'	56° 00'	99	1944-1996	48
São Gabriel	30° 10'	54° 19'	124	1944-1996	53
São Luiz Gonzaga	28° 23'	54° 58'	260	1944-1996	53
Tapes	30° 50'	51° 35'	5	1944-1974	30
Taquari	29° 48'	51° 49'	76	1944-1996	52
Torres	29° 20'	49° 43'	6	1945-1996	47
Uruguaiana	29° 45'	57° 05'	74	1944-1996	49
Vacaria	28° 33'	50° 42'	960	1944-1994	49
Veranópolis	28° 56'	51° 33'	705	1956-1996	39

característica física do fenômeno, que ocorre de modo mais ou menos localizado, segundo, pela alta variabilidade espacial do fenômeno e, terceiro, pela baixa densidade da rede de estações meteorológicas.

Em vista do acima exposto, optou-se pela apresentação dos dados em tabelas e, para o caso das probabilidades, em forma de gráfico com a média das probabilidades por região ecoclimática. As regiões ecoclimáticas (RIO GRANDE DO SUL, 1994), em número de onze, constituem-se numa nova divisão climática do Estado com coerência física e geográfica e, por isso, utilizada pelos autores como mapa básico.

Resultados e discussão

A Tabela 2 mostra os dados de ocorrência anual média e máxima absoluta de granizo por localidade e por região ecoclimática do Rio Grande do Sul, bem como o(s) ano(s) de ocorrência de máxima absoluta. O valor médio da Tabela 2 foi aproximado para números inteiros. Conforme observa-se, os valores mais altos de ocorrência de granizo (4 granizadas, em média, por ano) ocorrem, em geral, nas regiões de maior altitude e/ou continentalidade, dois fatores climáticos ou geográficos que estão positivamente correlacionados com o fenômeno. No caso

Tabela 2. Número de ocorrências média e máxima absoluta anual de granizo no Estado do Rio Grande do Sul.

Região ecoclimática	Localidade	Média	Máxima	Ano(s) da Máxima
Alto e Médio Vale do Uruguai	Iraí	2	7	1980
	Santa Rosa	2	10	1964
Baixo Vale do Uruguai	São Borja	1	6	1984
Campanha	Alegrete	1	6	1979 /82
	Bagé	1	3	1956
	Quaraí	2	6	1967
	Santana do Livramento	1	5	1974/75
	São Gabriel	1	7	1979
	Uruguiana	1	4	1953/76/88
Depressão Central	Cachoeira do Sul	1	4	1955/59
	Porto Alegre	3	7	1987
	Santa Maria	2	6	1987
	Taquari	1	4	1977/78/87
Encosta Inferior - Serra do Nordeste	Santa Cruz do Sul	3	7	1958
Região das Grandes Lagoas	Pelotas	1	4	1971
	Tapes	1	5	1961
Litoral	Osório	0	2	1981
	Rio Grande	1	4	1945/48/61/74
	Santa Vitória do Palmar	1	5	1987
	Torres	1	3	1978
Missioneira	Ijuí	1	5	1964
	Santo Ângelo	2	7	1955
	São Luiz Gonzaga	4	8	1976/78
Planalto Médio	Cruz Alta	3	10	1965
	Erechim	3	9	1968/95
	Júlio de Castilhos	2	7	1982
	Palmeira das Missões	1	4	1965
	Passo Fundo	4	9	1980/84
Planalto Superior - Serra do Nordeste	Bento Gonçalves	3	9	1981
	Bom Jesus	4	8	1990
	Caxias do Sul	3	7	1986
	Farroupilha	2	8	1963
	Guaporé	4	8	1950
	Lagoa Vermelha	4	12	1978
	Vacaria	2	6	1956
	Veranópolis	2	7	1967
Serra do Sudeste	Encruzilhada do Sul	1	4	1946/67
Estado		2	12	1978

do Rio Grande do Sul, a altitude parece ter maior influência no número médio de granizo por ano (Tabelas 1 e 2). Nas regiões de maior altitude é onde, também, se observa um maior número de ocorrência de máximos, destacando-se as regiões ecoclimáticas do Planalto Superior - Serra do Nordeste e do Planalto Médio, onde em nenhuma localidade este número foi inferior a 4, sendo a média das ocorrências de máximos absolutos dessas regiões igual a 8

granizadas. Dos locais analisados e séries históricas disponíveis, destaca-se Lagoa Vermelha como aquela localidade que apresentou o maior valor de máximo absoluto de granizadas em um ano, 12, ocorrido em 1978.

A distribuição temporal dos valores de máximos absolutos de ocorrência de granizo no Estado é apresentada na Tabela 3. O período de maior frequência de granizo foi de julho a outubro, sendo agosto o

Tabela 3. Número de ocorrência máxima absoluta mensal de granizo no Estado do Rio Grande do Sul.

Região ecoclimática	Localidade	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Alto e Médio Vale do Uruguai	Iraí	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2
	Santa Rosa	1	2	1	1	1	2	2	3	3	2	2	1
Baixo Vale do Uruguai Campanha	São Borja	1	1	2	1	1	1	2	3	2	1	1	3
	Alegrete	1	1	0	2	1	1	2	2	2	1	2	1
	Bagé	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	Quaraí	0	1	1	1	2	0	3	3	2	1	2	1
	Santana do Livramento	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2
	São Gabriel	1	1	1	2	1	1	2	2	4	2	1	1
Depressão Central	Uruguaiana	1	1	2	1	1	1	1	2	2	3	1	0
	Cachoeira do Sul	1	2	1	0	2	1	2	5	2	1	1	1
	Porto Alegre	1	1	1	1	1	2	1	2	3	2	2	3
	Santa Maria	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2
Encosta Inferior - Serra do Nordeste	Taquari	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1
	Santa Cruz do Sul	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1
Região das Grandes Lagoas	Pelotas	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1
	Tapes	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2
Litoral	Osório	1	1	0	0	0	0	1	1	2	1	1	1
	Rio Grande	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	1	1
	Sta Vitória do Palmar	1	1	0	1	1	1	3	2	1	2	1	1
	Torres	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1
Misioneira	Ijuí	0	1	0	1	1	0	3	3	2	1	2	1
	Santo Ângelo	1	1	0	1	1	1	2	3	2	2	1	2
	São Luiz Gonzaga	2	1	1	1	2	2	5	3	4	4	1	2
Planalto Médio	Cruz Alta	3	4	1	1	2	1	4	3	3	3	2	3
	Erechim	2	2	1	0	1	2	2	2	3	1	3	1
	J. Castilhos	2	0	2	0	1	1	2	2	3	1	2	1
	Palmeira das Missões	1	1	0	0	1	0	2	3	2	1	1	1
	Passo Fundo	3	2	1	1	3	1	4	2	4	3	2	2
Planalto Superior-Serra do Nordeste	Bento Gonçalves	2	1	2	1	1	1	2	3	3	4	2	2
	Bom Jesus	2	1	3	2	2	2	2	4	3	3	2	2
	Caxias do Sul	4	2	1	1	2	1	2	6	3	3	3	2
	Farroupilha	1	0	0	1	1	1	2	4	2	2	1	1
	Guaporé	2	2	3	1	2	2	1	3	4	2	1	2
	Lagoa Vermelha	3	1	2	2	1	1	3	4	3	4	2	1
	Vacaria	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2
	Veranópolis	3	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	2
Serra do Sudeste	Encruzilhada do Sul	1	1	0	1	1	1	1	2	3	2	1	2
Estado (máxima absoluta)		4	4	3	2	3	2	5	6	4	4	3	3
Estado (média das máximas)		1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	1	1

mês de máxima. Os valores máximos dos meses de inverno e primavera estão, possivelmente, associados às frentes meteorológicas mais intensas e ao rápido aquecimento do continente que ocorre na primavera. Esses dois fatores determinam vigorosa elevação de massas de ar relativamente mais quentes e úmidas, condições propícias à formação de nuvens de grande desenvolvimento vertical (cumulonimbus) que são as nuvens que dão origem ao granizo.

De acordo com o teste de aderência utilizado (χ^2 - qui-quadrado) e o nível de significância estatística estabelecido (5%), das 37 estações meteorológicas estudadas, na primavera 31 estações se ajustaram por Poisson e uma por binomial negativa. Nas demais estações do ano os ajustamentos aconteceram somente à distribuição de Poisson (29 estações no verão, 26 no outono e 26 no inverno).

A Figura 2 mostra, como exemplo, o histograma de frequências observadas e calculadas pela função de Poisson, para as quatro estações do ano da localidade de São Luiz Gonzaga, situada na Região Ecoclimática Missioneira. Para essa localidade também foi aplicado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov conforme ASSIS *et al.* (1996), e verificou-se, também, o ajuste dos dados à função de Poisson.

As Figuras 3 a 6 apresentam as probabilidades médias de ocorrência e não ocorrência (zero) de granizo por região ecoclimática e por estação do ano. No inverno, a Região do Baixo Vale do Uruguai, representada unicamente por São Borja, não apresentou ajuste às funções de probabilidade testadas, e no verão este fato ocorreu com a Região do Alto e Médio Vale do Uruguai, representada por Iraí e Santa Rosa. Portanto, no verão (Figura 4) e no inverno (Figura 6) são apresentadas somente 10 regiões. A primavera (Figura 3) é a estação do ano de maior risco de ocorrência de granizo no Estado (45%), seguida do inverno (38%), verão (28%) e outono (17%). Esta mesma tendência foi verificada quanto ao número de

granizadas. Na primavera, foram observadas probabilidades, mesmo que muito pequenas, de ocorrência de até 5 granizadas (Planalto Médio). O outono é, destacadamente, a estação de menor risco de ocorrência dessa adversidade climática em, praticamente, todo o Estado e onde as probabilidades de ocorrência de mais de uma granizada por ano são insignificantes (Figura 5). O verão e o inverno apresentaram tendências intermediárias.

Em relação à distribuição espacial do fenômeno, as três regiões ecoclimáticas de maior probabilidade de ocorrência de granizo no Estado, em todas as estações do ano, são o Planalto Superior - Serra do Nordeste, o Planalto Médio e Missioneira. Essas são regiões de maior altitude e/ou continentalidade, cujos efeitos na incidência de granizo já foram discutidos anteriormente. As duas regiões ecoclimáticas de menor probabilidade de ocorrência do fenômeno são as regiões do Litoral e das Grandes Lagoas, de menores altitudes e que estão sujeitas à ação termorreguladora do Oceano Atlântico (maior oceanidade).

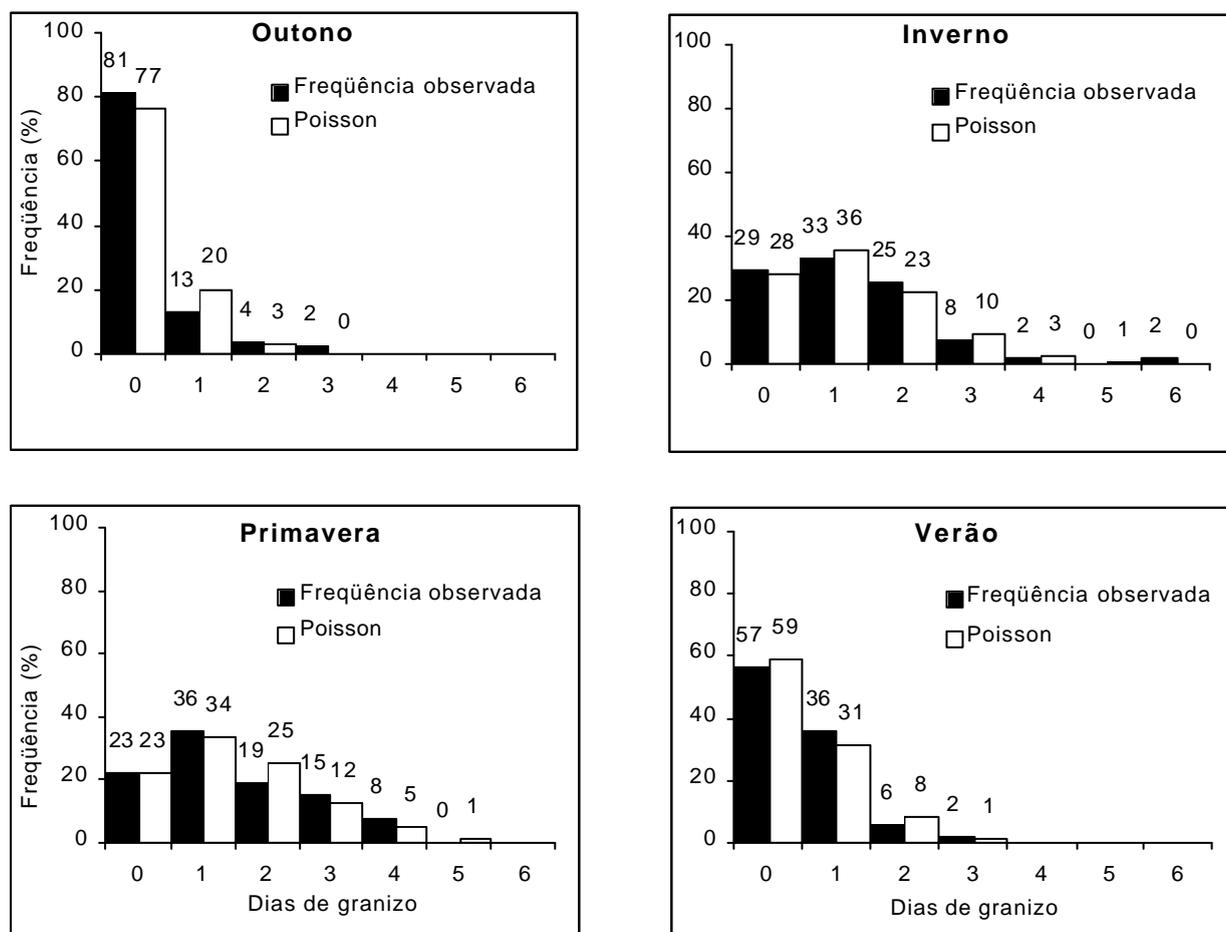


Figura 2. Frequência de dias de granizo observada e calculada pela função de Poisson nas quatro estações do ano para a localidade de São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul. Período: 1944 a 1996.

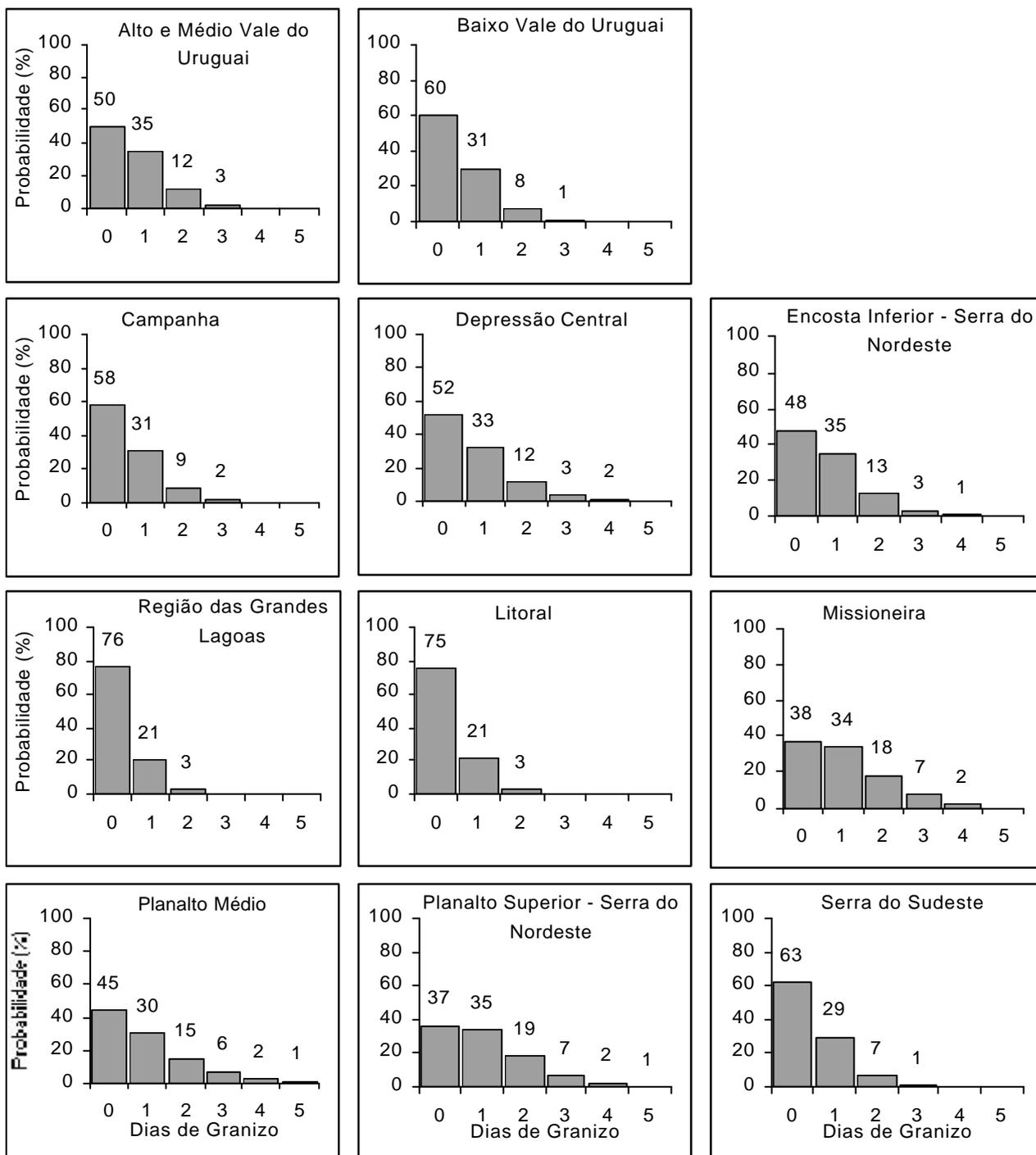


Figura 3. Probabilidade de ocorrência de granizo na primavera nas onze regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

Conclusões

- Os resultados confirmam e quantificam as informações preliminares de que as áreas mais sujeitas à ocorrência de granizo no Estado são as de maior altitude e/ou maior continentalidade;
- Os testes de aderência mostram que a distribuição de Poisson é a indicada, na grande maioria dos

- casos, para o cálculo de probabilidade ou risco de ocorrência sazonal de granizo no Rio Grande do Sul;
- A estação do ano com maior risco de ocorrência de granizo é a primavera e a de menor risco é o outono;
- As probabilidades médias calculadas neste trabalho para todas as regiões ecoclimáticas do

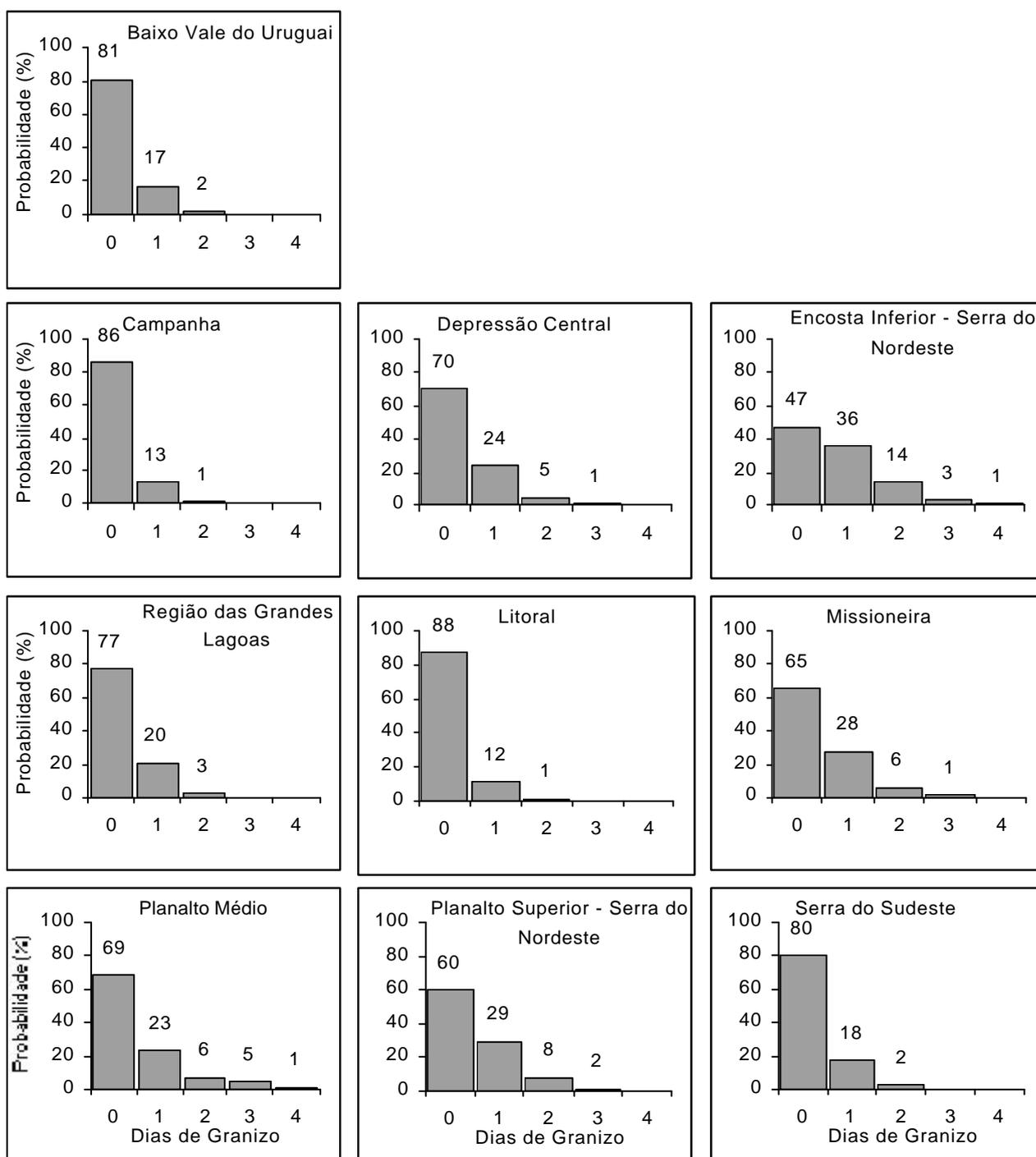


Figura 4. Probabilidade de ocorrência de granizo no verão em dez regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

Estado e para cada estação do ano, encontram, entre outras, aplicação imediata nos zoneamentos agroclimáticos de risco.

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, L.C. de. **Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro : Ministério da Agricultura, 1920. 100 p.
- ASSIS, F.N. de, ARRUDA, H.V., PEREIRA, A.R. **Aplicações de estatística à climatologia. Teoria e Prática.** Pelotas : Ed. da UFPel, 1996. 161 p.
- DALE, R.F. **Statistical climatology course outline.** Indiana : Purdue University, 1976. 191 p.
- MACHADO, F.P. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro : Serviço Geográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950. 91 p.

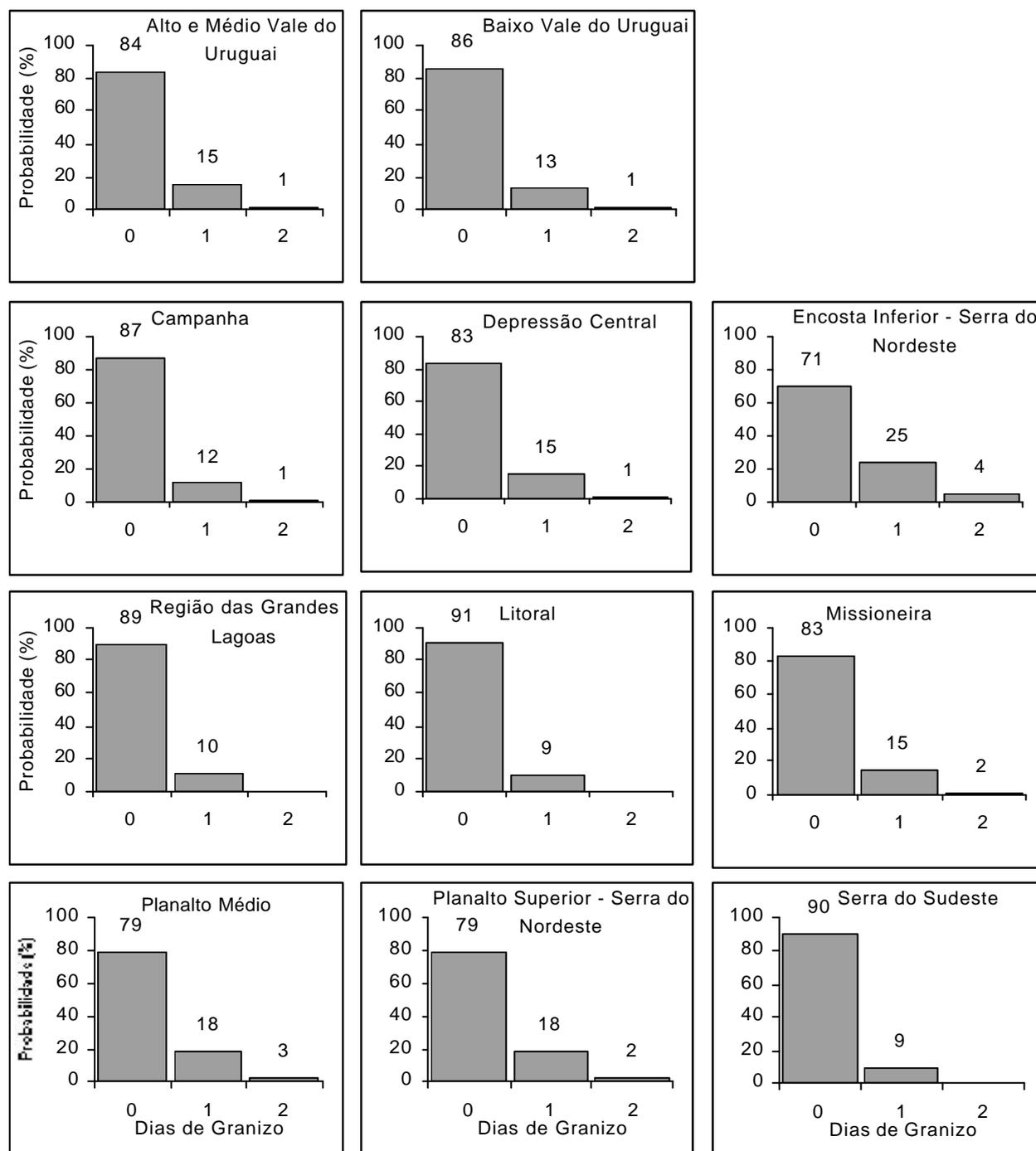


Figura 5. Probabilidade de ocorrência de granizo no outono nas onze regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

MELO, R.W. de, FONTANA, D.C., BERLATO, M.A. Probabilidade de ocorrência anual de granizo no Estado do Rio Grande do Sul. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 1998, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre : UFRGS, 1988. p. 104.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre : Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, 1961. 30 p.

RIO GRANDE DO SUL. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre : Coordenadoria Estadual de Planejamento Agrícola, 1994. 57 p.

SILVA, E.M. da, SILVA, M.M.P. **Probabilidade de ocorrência de granizo no Rio Grande do Sul.** Brasília : Instituto Nacional de Meteorologia, 1981. 146 p. (Boletim Técnico nº 20).

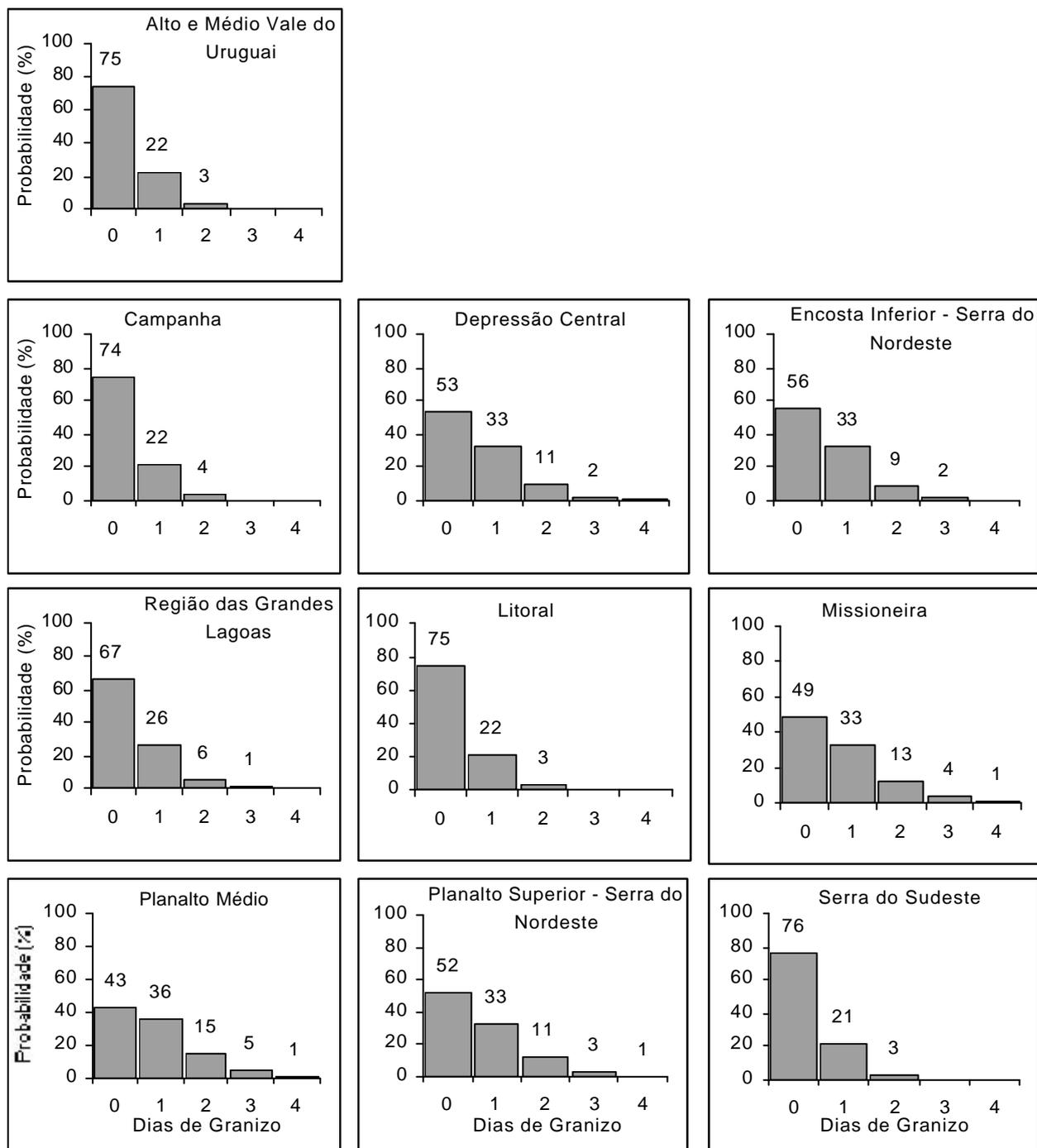


Figura 6. Probabilidade de ocorrência de granizo no inverno em dez regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

THOM, H.C.S. **Some methods of climatological analysis.** Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization, 1966. 53 p. (WMO, 199. TP. 103).

WESTPHALEN, S.L. **Granizo e a lavoura de trigo no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: IPAGRO,

Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, 1976. 18 p. (Não publicado).

WILKS, D.S. **Statistical methods in the atmospheric sciences. An introduction.** New York: Academic Press, 1995. 467 p.

