

ISSN 0104-1347

Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar durante o período reprodutivo do arroz irrigado, na metade norte do Estado do Rio Grande do Sul

Probability of occurring minimum air temperatures during the reproductive stage of paddy rice, in the northern half of the State of Rio Grande do Sul

Silvio Steinmetz¹, Francisco Neto de Assis², Galileo Adeli Burio³, Valduíno Estefanel⁴, Ivo Antônio Didoné⁵, Helenir Trindade de Oliveira⁶ e Custódio Simoneti⁶

Resumo - Utilizando-se séries de dados diários de temperatura mínima do ar, de dez estações meteorológicas situadas na metade norte do Rio Grande do Sul, calcularam-se as probabilidades de ocorrerem dias com temperaturas menores ou iguais a 13 °C, 15 °C e 17 °C. Foram considerados os períodos mensal e decendial dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, época em que essas temperaturas podem prejudicar as lavouras que se encontram nas fases mais sensíveis de desenvolvimento (pré-floração e floração). Também foram calculadas as probabilidades de ocorrência de dias consecutivos com temperatura menor ou igual que os três níveis térmicos mencionados. Verificou-se, em todas as localidades, que a probabilidade de ocorrência de dias com temperatura do ar menor ou igual aos níveis térmicos estudados é menor nos decêndios dos meses de janeiro e fevereiro e no primeiro decêndio de março. Dessa forma, para minimizar as perdas de produtividade devido ao frio, as cultivares de arroz e as épocas de semeadura devem ser escolhidas de modo que as fases de pré-floração e floração coincidam com esse período.

Palavras-chave: arroz, temperatura mínima do ar, probabilidade, risco climático, Estado do Rio Grande do Sul.

Abstract – Using series of data, it was calculated the probability of occurring days in which the minimum air temperature is lower or equal to 13°C, 15°C, and 17°C, in ten Meteorological Stations, located in the northern half of the State of Rio Grande do Sul. The calculations were done for monthly and 10 day-periods for December, January, February and March. During this period, the yields of paddy rice can be reduced if critical low temperatures occur during the most sensitive phases of the crop (booting and heading). Sequences of days with temperature lower or equal to the thermal levels previously mentioned were also determined. The results showed that the risk of having critical low temperatures for rice is lower during January and February and in the first 10 day-period of March. In order to reduce yield decrease due to the sterile-type cool injury, the cultivars and the time of sowing should be chosen so that the most sensitive phases of the crop coincide with this period.

Key words: rice, minimum air temperature, probability, climatic risk, State of Rio Grande do Sul; Brazil.

¹ Eng^o Agr^o, Doutor, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, 96001-970 Pelotas, RS. E-mail: silvio@cpact.embrapa.br

² Eng^o Agr^o, Doutor, Professor do Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Cx. Postal 354, 96010-970 Pelotas, RS.

³ Eng^o Agr^o, Doutor, Professor do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), 97105-900 Santa Maria, RS.

⁴ Eng^o Agr^o, Mestre, Professor do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e do Centro Universitário Franciscano, 97105-900 Santa Maria, RS.

⁵ Eng^o Agr^o, Mestre, Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária- FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, 90130-060 Porto Alegre, RS.

⁶ Técnico (a) do 8^o Distrito de Meteorologia-DISME, Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, Cx. Postal 635, 91410-001 Porto Alegre, RS.

Introdução

O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado do Brasil, tendo contribuído, nos últimos anos, com cerca de 50% do total de arroz produzido no país. Na safra 2000/2001, essa participação foi de 51,3% (IBGE, 2001). Apesar dos elevados índices médios de produtividade (superiores a 5 t/ha), a ocorrência de baixas temperaturas do ar, durante as fases críticas da planta, pode causar decréscimos acentuados na produtividade das lavouras (TERRES & GALLI, 1985; MOTA, 1994).

A planta de arroz é mais sensível às baixas temperaturas nas fases de pré-floração ou, mais especificamente na microsporogênese, e na floração (SATAKE, 1976; TERRES & GALLI, 1985). As temperaturas críticas, que causam esterilidade das espiguetas, variam de acordo com as características dos estudos realizados. Elas podem ser 13°C (TERRES & GALLI, 1985); variar entre 15 e 17°C, para os genótipos tolerantes e, entre 17 e 19°C, para os suscetíveis (Nishiyama *et al.*, 1969, citado por SATAKE, 1976) ou 15°C (PETERSON *et al.*, 1974, citado por BOARD *et al.*, 1980). No Rio Grande do Sul, a temperatura de 15°C tem sido usada como referência em estudos climatológicos para o arroz irrigado (MOTA, 1994; STEINMETZ *et al.*, 2001b).

Além de outras aplicações, os estudos de probabilidade são importantes na definição das épocas mais apropriadas de semeadura, pois permitem estabelecer que as fases críticas da planta coincidam com o período de menor probabilidade de ocorrência de temperaturas prejudiciais à cultura (BURIOL *et al.*, 1998; STEINMETZ *et al.*, 2001a). Para isso, é fundamental o conhecimento das exigências bioclimáticas das cultivares utilizadas.

BURIOL *et al.* (1998) mostraram que, para a maioria das localidades da Depressão Central do Rio Grande do Sul, a probabilidade de ocorrência de temperaturas prejudiciais ao arroz é menor do 2º decêndio de janeiro ao 2º decêndio de fevereiro embora possam ocorrer dias frios também nesse período. Os resultados obtidos por STEINMETZ *et al.* (2001a), em oito localidades situadas nas principais regiões produtoras, indicam que as chances de ocorrência dessas temperaturas prejudiciais à cultura são menores nos decêndios dos meses de janeiro e fevereiro e no primeiro decêndio de março, havendo níveis diferenciados de risco nas distintas regiões do Estado. Esses estudos cobrem as principais regiões produtoras, que

situam-se na metade sul do Estado. Entretanto, para subsidiar os estudos de zoneamento agrícola, em que são definidas as épocas de semeadura por município, há necessidade de realizar-se esse tipo de estudo para a metade norte do Estado. Essa região, apesar de ter menor expressão na produção de arroz irrigado, é considerada, na sua maior parte, climaticamente apta para essa cultura pelo zoneamento agroclimático (MOTA *et al.*, 1974; RIO GRANDE DO SUL, 1994).

O objetivo deste trabalho foi determinar a probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar menores que 13°, 15° e 17°C, durante os meses e os decêndios de dezembro a março, em dez localidades da metade norte do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

Utilizaram-se séries longas de dados diários de temperatura mínima do ar dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março de dez estações meteorológicas situadas na metade norte do Rio Grande do Sul, como indicado na Tabela 1. Considerou-se a temperatura mínima diária do ar $\leq 17^\circ\text{C}$ como limite térmico superior na escala de intensidade de temperaturas prejudiciais ao arroz e as temperaturas $\leq 15^\circ\text{C}$ e $\leq 13^\circ\text{C}$ como limites capazes de provocar danos mais acentuados a essa cultura.

Determinou-se o número de dias de cada mês e de cada decêndio em que a temperatura mínima foi menor ou igual a cada um dos três limites térmicos previamente definidos. Verificou-se a aderência desses valores às distribuições Binomial Negativa e Poisson usando-se o teste de Kolmogoroff-Smirnoff (CAMPOS, 1983), sendo os parâmetros destas distribuições estimados com os dados disponíveis. O parâmetro k da distribuição Binomial Negativa foi estimado pelo método dos Momentos e da Máxima Verossimilhança (BLISS & FISCHER, 1953).

Os algoritmos propostos por DAVIES (1971) foram usados para calcular as frequências teóricas brutas para as duas distribuições estudadas e, a partir destas, as frequências teóricas relativas acumuladas que correspondem às probabilidades da distribuição.

Para cada um dos quatro meses estudados foi também obtido o número de seqüências de dias com temperatura menor ou igual aos três níveis térmicos estabelecidos. As seqüências foram consideradas como pertencentes ao mês em que terminaram, independente de quando tenham iniciado. Os mesmos

Tabela 1. Estações meteorológicas com suas respectivas coordenadas geográficas, período de observação e instituição a qual pertencem.

Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Período de observação	Instituição
Cruz Alta	28° 38′	53° 36′	473	1973-1999	FEPAGRO ⁽¹⁾
Erechim	27° 37′	52° 16′	760	1966-1999	FEPAGRO
Farroupilha	29° 14′	51° 26′	702	1963-1990	FEPAGRO
Ijuí	28° 23′	53° 54′	448	1963-1990	FEPAGRO
Júlio de Castilhos	29° 13′	53° 40′	514	1956-1996	FEPAGRO
Paso Fundo	28° 15′	52° 24′	667	1946-1985	8° DISME ⁽²⁾
Santa Rosa	27° 51′	54° 29′	273	1975-1999	FEPAGRO
Santo Augusto	27° 51′	53° 46′	380	1966-1986	FEPAGRO
Soledade	28° 49′	52° 30′	720	1966-1990	FEPAGRO
Veranópolis	28° 56′	51° 33′	705	1956-1999	FEPAGRO

(1) Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO).

(2) 8° Distrito de Meteorologia/Instituto Nacional de Meteorologia (8° DISME/INMET).

procedimentos estatísticos utilizados para o número total de dias com temperaturas baixas foram usados para obter a probabilidade de ocorrência de dias consecutivos com essas temperaturas.

Resultados e discussão

O teste de Kolmogoroff-Smirnoff mostrou que o número de dias com temperaturas baixas aderem mais à distribuição Binomial Negativa do que à de Poisson. Assim, sempre que possível, as probabilidades foram calculadas usando aquela distribuição dando-se preferência ao método de estimativa de k pela Máxima Verossimilhança por obter estimativas de menor variância. Quando isso não foi possível, usou-se, na ordem, o método dos Momentos, a distribuição de Poisson ou a distribuição empírica.

Na Figura 1 estão as probabilidades de ocorrência, em porcentagem, de dias com temperatura mínima do ar $\leq 13^{\circ}\text{C}$, $\leq 15^{\circ}\text{C}$ e $\leq 17^{\circ}\text{C}$ nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, para as dez localidades estudadas. Verifica-se que a probabilidade de ocorrência de dias com temperaturas mínimas, nesses três níveis térmicos, é maior nos meses de dezembro e março, e menor em janeiro e fevereiro. Para todas as localidades e em todos os meses, existe probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas $\leq 13^{\circ}\text{C}$, $\leq 15^{\circ}\text{C}$ e $\leq 17^{\circ}\text{C}$, sendo maiores as chances de se ter temperaturas menores ou iguais a 17°C do que 15°C ou 13°C . Resultados semelhantes foram encontrados por BURIOL et al. (1998) e por STEINMETZ et al. (2001a) para as principais regiões produtoras

de arroz irrigado, situadas na metade sul do Rio Grande do Sul.

Nas Tabelas 2A a 2E estão estimadas as probabilidades de ocorrência, em porcentagem, de N ou mais dias com temperatura mínima do ar $\leq 13^{\circ}\text{C}$, $\leq 15^{\circ}\text{C}$ e $\leq 17^{\circ}\text{C}$, para cada decêndio dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março nas localidades estudadas. Visando facilitar a compreensão da tabela, toma-se por exemplo os dados relativos ao primeiro decêndio do mês de fevereiro da localidade de Cruz Alta (Tabela 2A). Verifica-se que existe 52% de probabilidade de ocorrer um ou mais dias com temperaturas mínimas $\leq 15^{\circ}\text{C}$. Isto indica que um a cada dois anos ocorrem essas temperaturas. Para cinco ou mais dias, existe a probabilidade de 15% de ocorrência dessa temperatura. As probabilidades de ocorrer um ou mais dias com temperaturas mínimas $\leq 13^{\circ}\text{C}$ e $\leq 17^{\circ}\text{C}$ são de 38% e 81%, respectivamente.

Os dados das Tabelas 2A a 2E indicam que as probabilidades de ocorrência de qualquer uma das três temperaturas consideradas são menores nos decêndios de janeiro e fevereiro e no primeiro decêndio de março. Resultados semelhantes foram obtidos por STEINMETZ et al. (2001a) e sugerem que a época de semeadura deve ser definida de modo que as fases mais críticas da planta (pré-floração e floração) coincidam com esse período. A Figura 2 ilustra bem os resultados das tabelas mencionadas, para temperaturas mínimas $\leq 15^{\circ}\text{C}$. Na referida figura verifica-se, também, que em algumas localidades ocorre aumento de probabilidade no primeiro decêndio de fevereiro. É provável que este comportamento esteja associado ao que os produtores de arroz denominam de “frio

Figura a cores
Ver p107-121.doc

Tabela 2D. Probabilidade de ocorrência (%) de N ou mais dias com temperatura mínima do ar menor ou igual a 13°, 15° e 17°C nos decêndios de dezembro, janeiro, fevereiro e março nas localidades de Santa Rosa e Santo Augusto:

Decênio 1										Decênio 2										Decênio 3									
N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°
Santa Rosa										Santo Augusto																			
Dezembro										Dezembro																			
1	74	94	100	71	90	99	79	98	100	1	57	82	97	19	42	74	36	73	89										
2	50	80	98	48	73	97	53	89	98	2	34	59	87	6	22	52	7	45	70										
3	32	63	94	31	55	91	32	73	94	3	21	40	73	2	12	36		25	50										
4	20	46	84	20	40	80	18	54	85	4	13	26	57	1	6	24		13	33										
5	12	32	71	13	27	66	10	35	71	5	8	16	41		4	16		6	20										
6	7	21	54	8	18	51	5	21	55	6	5	9	28		2	11		3	12										
7	4	13	38	5	12	37	3	11	39	7	3	6	18		1	7		1	7										
8	3	8	25	3	8	25	1	6	25	8			11					1	4										
9	1	5	15	2	5	16	1	3	15	9			7						2										
10	1	3	8	1	3	10				10			4						1										
11		1								11																			
12										12																			
Decênio 1										Decênio 2										Decênio 3									
N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°
Janeiro										Janeiro																			
1	43	74	89	40	79	92	35	70	95	1	32	50	80	25	39	62	21	44	78										
2	25	51	75	19	55	77	18	46	83	2	10	28	57	6	18	43	4	19	51										
3	15	34	59	9	35	62	11	30	65	3	3	16	38	2	9	30	1	9	30										
4	10	22	46	4	21	47	7	19	48	4	1	9	24		5	22		4	16										
5	6	14	34	2	12	34	4	11	32	5		5	15		2	16		2	8										
6	4	9	25	1	6	24	3	7	20	6			9			12			4										
7	3	6	18	1	3	17	2	4	12	7			6			9			2										
8	2	4	13		2	11	1	3	7	8						6													
9			9		1	8	1	2	4	9																			
10			7			5		1	2	10																			
11								1	1	11																			
12									1	12																			
13									1	13																			
Decênio 1										Decênio 2										Decênio 3									
N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°
Fevereiro										Fevereiro																			
1	52	88	98	41	72	92	33	70	92	1	26	39	75	9	19	57	27	45	74										
2	28	65	89	21	47	78	18	45	77	2	5	21	51		4	36	7	22	50										
3	15	41	75	12	29	62	11	27	58	3	1	12	33		1	24	2	11	32										
4	8	23	57	7	18	17	7	16	41	4		7	21			16		6	20										
5	4	11	40	4	10	34	5	9	27	5		4	13			11			12										
6	2	5	26	2	6	24	3	5	17	6			8			7			7										
7	1	2	15	1	3	16	2	3	11	7			4			5													
8	1	1	9	1	2	11	2	2	6	8			3			4													
9			4	1	1	7	1	1	4	9																			
10			2			4				10																			
11										11																			
12										12																			
Decênio 1										Decênio 2										Decênio 3									
N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°
Março										Março																			
1	57	81	98	66	89	99	82	98	100	1	0	49	74	31	60	88	33	77	97										
2	34	60	90	44	74	94	62	92	99	2	0	21	54	16	37	72	19	59	90										
3	21	43	78	30	58	86	44	81	97	3	0	9	39	9	23	56	12	45	81										
4	13	30	63	21	45	75	30	68	92	4	0	3	28	6	14	42	8	34	69										
5	8	20	47	14	34	61	21	53	83	5	0	1	20	4	9	31	5	26	58										
6	5	13	34	10	25	48	14	40	72	6			15	2	5	22	4	20	46										
7	3	9	23	7	18	36	9	29	60	7			11		3	16	3	15	37										
8	2	6	15	5	13	26	6	20	47	8			8		2	11	2	11	28										
9	1	4	9	3	10	18	4	13	35	9			5			7		8	21										
10	1	2	5	2	7	12	2	8	25	10						5		6	16										
11		2	3			8	2	5	17	11								5	12										
12							3	11		12																			

do Carnaval”, o qual, segundo eles, é bem típico e ocorre freqüentemente. Esse comportamento também foi observado por STEINMETZ *et al.* (2001a), para localidades situadas na metade sul do Estado.

As Tabelas 2A a 2E e a Figura 2 indicam, também, que há uma diferença acentuada entre as localidades quanto ao risco de ocorrência de temperaturas prejudiciais ao arroz. Em geral, as localidades de maior altitude apresentam maiores probabilidades de ocorrência das três temperaturas estudadas. Usando-se 15°C como referência (Figura 2), os riscos são mais acentuados nas localidades de Farroupilha, situada na região ecoclimática denominada de Planalto Superior-Serra do Nordeste (RIO GRANDE do SUL, 1994). Por outro lado, os riscos são menos acentuados nas localidades de Ijuí e Santo Augusto, que pertencem, respectivamente, às regiões ecoclimáticas Missioneira e Alto e Médio Vale do Uruguai (RIO GRANDE do SUL, 1994). As demais localidades apresentam riscos situados entre os extremos previa-

mente citados.

Na Tabela 3 são apresentadas as probabilidades de ocorrência de dois, quatro, seis e oito dias consecutivos com temperaturas mínimas $\leq 13^{\circ}\text{C}$, $\leq 15^{\circ}\text{C}$ e $\leq 17^{\circ}\text{C}$. Verifica-se, por exemplo, para a localidade de Cruz Alta (Tabela 3), que no mês de março existe probabilidade de 23% de ocorrer uma seqüência de quatro ou mais dias com temperatura $\leq 13^{\circ}\text{C}$, 32% de ocorrer uma seqüência do mesmo tamanho com temperatura $\leq 15^{\circ}\text{C}$ e 38% com temperatura $\leq 17^{\circ}\text{C}$. Para essa mesma localidade, e nesse mesmo mês, duas seqüências de quatro ou mais dias ocorrem com 4%, 10% e 14% de probabilidade, respectivamente, para as temperaturas $\leq 13^{\circ}\text{C}$, $\leq 15^{\circ}\text{C}$ e $\leq 17^{\circ}\text{C}$.

Nas Tabelas 4A e 4B estão relacionadas as probabilidades de que a maior seqüência de dias com temperaturas menores ou iguais a 13°C, 15° e 17°C seja de N dias. Verifica-se que no mês de dezembro, na localidade de Erechim (Tabela 4A), por exemplo,

existe 23%, 63% e 87% de probabilidade de que a maior seqüência seja de quatro ou mais dias, respectivamente, para as temperaturas $\leq 13^{\circ}\text{C}$, $\leq 15^{\circ}\text{C}$ e $\leq 17^{\circ}\text{C}$. Nesse mesmo mês e localidade, há 52% de probabilidade de que a maior seqüência seja de oito ou mais dias para a temperatura $\leq 17^{\circ}\text{C}$.

O tamanho de uma seqüência depende do tempo que a massa de ar frio e seco, normalmente causada por anticiclones polares, permanece sobre a região, sendo que esse tempo depende principalmente da sua intensidade, como sugerem os resultados de NETTO & STEINMETZ (1995) e CAMPOS & STEINMETZ (2001).

A variação das probabilidades de ocorrência de seqüências, em relação aos meses estudados, é semelhante àquela da ocorrência do total de dias com temperatura baixa, ou seja, são maiores em dezembro e março e menores em janeiro e fevereiro.

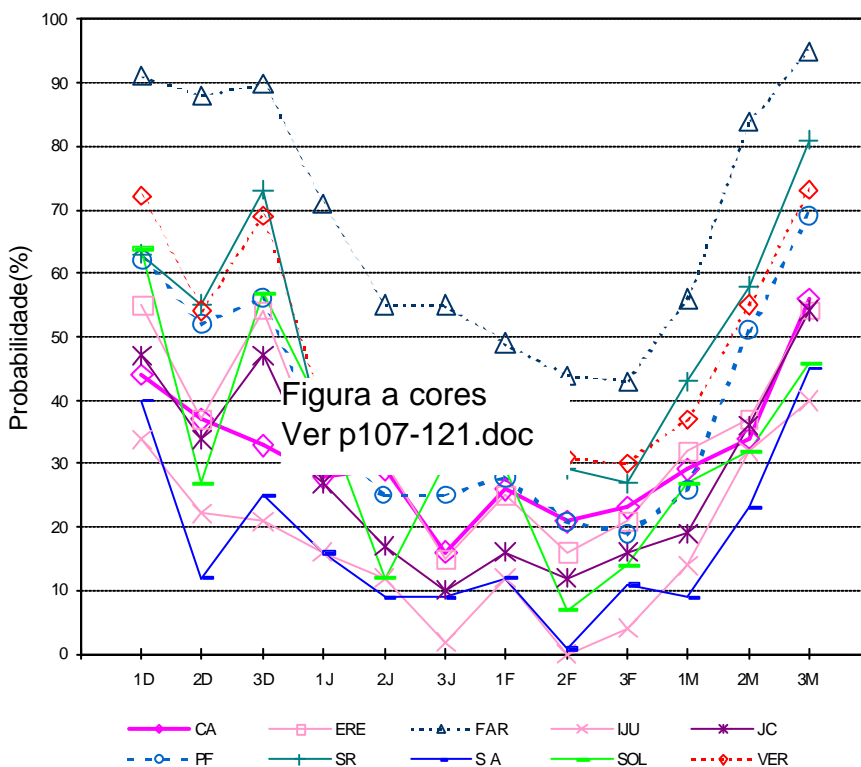


Figura 2. Probabilidade de ocorrência, em porcentagem, de três ou mais dias com temperatura mínima do ar menor ou igual a 15°C, nos decêndios de dezembro, janeiro, fevereiro e março, nas localidades de Cruz Alta (CA), Erechim (ERE), Farroupilha (FAR), Ijuí (IJU), Júlio de Castilhos (JC), Passo Fundo (PF), Santa Rosa (SR), Santo Augusto (AS), Soledade (SOL) e Veranópolis (VER).

Tabela 3. Probabilidade de ocorrência (%) de N seqüências de M dias com temperatura mínima do ar menor ou igual a 13°, 15° e 17° C, nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março nas localidades de Cruz Alta, Erechim, Farroupilha, Ijuí, Júlio de Castilhos, Passo Fundo, Santa Rosa, Santo Augusto, Soledade e Veranópolis.

M	N	Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março			M	N	Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março			
		13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°			13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	
Cruz Alta														Erechim														
2	1	36	65	62	39	47	34	25	28	28	49	23	49	2	1	40	68	54	26	35	51	23	38	51	20	62	54	
	2	13	28	26	9	13			4		15	8	15		2	10	32	18	4	7	16		9	16		25	18	
	3	4	9	8		3						3			3		11	4			4		1			7	5	
	4	1		2								1			4						1						1	
4	1	14	33	42		20	13	13	9	32	23	32	38	4	1	17	17	35		31	37		15	28	7	31	28	
	2		9							6	4	10	14		2			8		6	8		3			5		
	3			2							1	3	5		3			2		1			1					
	4											1	2		6	1					14		7	14	7	7	20	
6	1			14			24		13	25	17	13	18	6	1			14	31			14		7	14	7	7	20
	2												3		8	1												
	3												1		8	1												
8	1					13						9	9	8	1				7			10					7	14
Farroupilha														Ijuí														
2	1	71	74	43	55	65	42	41	49	49	64	65	31	2	1	32	53	65	15	45	44	16	50	31	41	45	34	
	2	36	39	11	20	34	18	10	14	20	30	29	8		2	6	22	28		12	21		15	11	10	13	12	
	3	13	16		5	16	8		3	8	12	10	2		3	1	8	9			11			4		3	5	
	4	4	5		1	7	3			3	4	3			4		2				6			1			2	
	5					3									5						3							
	6					1									6						2							
4	1	27	30	32	11	27	42	11	23	23	23	26	51	4	1		10	30		8	16			12	7	25	39	
	2	4	5	6	3	5	13				5		16		2						3						9	
	3				1	1	3				1				3						1							
	4					1									6	1												
6	1	7	27	24	7	13	17	4	11	19	7	17	14	6	1		4	4			4			12	4	4	10	
	2		4	6					3	3					8	1												
8	1		10	13			20		11	4	4	11	11	8	1				4								4	10
Júlio de Castilhos														Passo Fundo														
2	1	46	62	66	30	50	58	28	41	54	34	63	66	2	1	41	65	50	37	36	53	15	47	39	33	53	43	
	2	13	25	30	5	15	25	6	10	20	8	26	29		2	13	28	17	8	10	21		13	9	9	17	11	
	3		8	10			8	1		6	1	8	10		3	3	9	4		2	7			1	2		28	
	4			3			2			2					4	1		1		1	2						5	
	5			1			1								5						1						1	
4	1	10	23	35		12	30		5	28	5	19	40	4	1	15	30	50	5	30	32		5	22	13	28	24	
	2		3	7			5						10		2		5	15		5	6						4	
	3														6	1		5	39		16		8	17		17	17	
6	1		5	16			12			10		7	8		2			9		2			2		2	2		
	2												3		8	1					15		5		5	22		
	3												1		8	1												
8	1			10										8	1		5	34			15			5		5	22	
Santa Rosa														Santo Augusto														
2	1	10	27	50	0	17	46	13	24	38	26	39	48	2	1	22	57	54	16	41	39	15	1	47	31	51	59	
	2		7	15			13		4	8		12	14		2	7	20	18	6	10	11			18	5	21	23	
	3			2					6			3	3		3	3	5	4	2		2			6		8	6	
	4														4	1								2			3	
	5														5									1			1	
4	1			10			9			17		10	22	4	1		15	39		15	26			19	1	27	41	
	2														2			9			5						10	
	3														3						1							
6	1			10										6	1												15	10
8	1												14	8	1												15	
Soledade														Veranópolis														
2	1	31	38	43	26	52	31	25	44	48	36	42	45	2	1	53	61	46	39	62	57	34	61	42	34	54	37	
	2	6	9	14		18	6	7	12	19	8	10	12		2	18	24	18	9	25	24	7	24	11	9	19	11	
	3	1	2	4		5	1	2		7					3	4	7	6		8	8		7		2	5	3	
	4			1		1				2					4		1	2			2				1	1	1	
	5														5						1							
4	1	14	25	39	0	14	31	0	11	29	10	30	22	4	1	26	24	26	10	17	35	8	16	38	25	39	40	
	2	4	5	9			6			5		5			2	4	3				8		2		3	9	10	
	3	1	1				1			1		14			3						1						2	
6	1		6	17			14			11				6	1	5	14	26			1		8	15	5	14	23	
	2														2		2										3	
8	1		6	6										8	1		10	22			10			5		12	14	

Tabela 4A. Probabilidade de ocorrência (%) de que a maior seqüência de M dias com temperatura mínima do ar menor ou igual a 13°, 15° e 17° C, seja de N dias nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março nas localidades de Cruz Alta, Erechim, Farroupilha, Ijuí, Júlio de Castilhos e Passo Fundo.

M	Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março			M	Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março				
	N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°		17°	N	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°			
Cruz Alta												Erechim															
Maior	1	87	97	100	71	87	98	63	89	96	92	99	99	Maior	1	91	98	99	73	92	98	73	94	98	83	96	100
	2	61	87	98	48	70	92	42	73	91	74	93	96		2	70	91	97	38	76	94	37	77	92	62	88	100
	3	35	72	94	32	54	83	28	56	84	52	84	91		3	44	79	93	14	57	86	14	53	84	42	76	98
	4	17	53	88	21	40	73	19	41	76	32	70	85		4	23	63	87	4	39	76	4	30	75	28	63	96
	5	7	35	79	14	29	62	13	29	68	18	55	78		5	10	46	79	25	64		15	66	18	50	93	
	6	3	22	68	9	21	51	9	20	61	9	41	71		6	4	35	70	15	52		6	56	11	38	88	
	7		12	56	6	15	42	6	13	54	5	29	63		7		20	61	9	40			47	7	29	82	
	8		6	45	4	10	33	4	9	47		20	55		8		12	52	5	31			39	4	21	75	
	9		3	35	2	7	26	3	6	41		12	48		9		7	43	3	23			32	2	15	67	
	10		1	26	2	5	20	2	4	36		7	41		10		4	35	1	16			25	1	41	59	
	11		1	19	1	3	15			31		4	35		11		2	28	1	11			20	1	7	51	
	12			13	1	2	11			27		3	30		12		1	22		8			16		5	43	
	13			9		2	8			23		1	25		13			17		5			13		3	36	
	14			6		1	6			20			21		14			13		4			10		2	29	
	15			4		1	5			17			17		15			10		2			8		1	24	
	16			3			3			14			14		16			7		2			6		1	19	
	17			2			2			12			12		17			5		1			4		1	15	
	18						2			10			10		18			4		1			3			12	
	19						1			9			8		19			2					3			9	
	20									7			6		20			2					2			7	
Farroupilha												Ijuí															
Maior	1	99	100	100	93	97	99	93	99	100	98	99	100	Maior	1	67	92	98	47	83	94	45	81	96	73	95	99
	2	94	98	100	74	88	98	75	94	98	90	97	100		2	30	71	90	14	54	77	13	49	85	46	81	94
	3	83	94	99	49	74	94	51	82	94	74	93	100		3	10	45	78	27	53	2	23	65	27	61	87	
	4	67	85	96	27	59	88	31	65	88	54	86	99		4		24	63		19	31		43	15	40	77	
	5	49	72	93	13	44	81	16	46	79	34	77	97		5		11	48		4	15		25	8	24	65	
	6	32	56	88	5	31	73	7	29	70	19	67	94		6		4	34			7		12	4	13	54	
	7	19	40	82		21	64	3	16	57	10	57	91		7		2	23						2	6	43	
	8	11	26	74		14	55	1	8	45	4	48	86		8			15							3	33	
	9	5	16	66		9	46			35		39	80		9			9							1	25	
	10	2	9	58		5	38			27		31	73		10			6								18	
	11	1	4	49		3	31			20		24	65		11			3								13	
	12		2	41		2	25			14		18	57		12			2								9	
	13			34		1	20			10		14	50		13			1								7	
	14			27		1	16			7		10	42		14			1								4	
	15			22			12			4		8	35		15												
	16			17			9			3		5	30		16												
	17			13			7			2		4	24		17												
	18			10			5			1		3	19		18												
	19			8			4			2		15			19												
Júlio de Castilhos												Passo Fundo															
Maior	1	85	97	7	68	98	98	58	85	97	86	97	100	Maior	1	88	99	100	77	95	99	60	90	98	89	99	100
	2	57	87	98	31	68	90	25	60	89	58	87	98		2	63	94	99	43	79	95	23	72	94	67	94	99
	3	30	68	92	11	42	75	9	37	76	31	70	93		3	37	83	98	18	56	88	7	51	86	41	85	98
	4	13	47	81		21	57	3	20	59	13	48	86		4	19	67	94	6	33	78	2	33	77	22	72	95
	5		28	66		9	40	1	10	43	5	29	76		5	8	48	88		17	66		20	66	10	57	91
	6		14	50		3	25		5	29		15	64		6	3	31	80		8	54		12	55	4	43	86
	7		7	34			15		2	19		7	51		7	1	18	69		3	43		6	45	2	30	79
	8		3	21			8		1	11		3	40		8		10	58			33		3	35		20	71
	9			12			4			6		30			9		5	47			25		2	28		13	63
	10			6			2			4		21			10		2	36			18		1	21		8	55
	11			3			1			2		15			11		1	27			13			16		5	47
	12			1						1		10			12			19			9			12		3	40
	13											7			13			14			6			9		2	33
	14											4			14			9			4			6		1	27
	15											3			15			6			3			4			22
	16											2			16			4			2			3			17
	17											1			17			2			1			2			14
	18														18			1			1			2			11
	19														19			1						1			8
	20														20									1			6

Tabela 4B. Probabilidade de ocorrência (%) de que a maior seqüência de M dias com temperatura mínima do ar menor ou igual a 13°, 15° e 17° C, seja de N dias nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março nas localidades de Santa Rosa, Santo Augusto, Soledade e Veranópolis.

M	N	Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março			M	N	Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março		
		13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°			13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°	13°	15°	17°
Santa Rosa														Santo Augusto													
Maior	1	22	61	91	23	61	86	20	65	89	58	80	98	Maior	1	61	91	98	55	80	95	47	73	95	51	90	97
	2	7	24	71	11	29	58	7	34	67	32	56	90		2	28	71	91	23	52	82	13	42	81	30	71	91
	3	2	7	47	6	12	31	3	15	44	18	36	78		3	11	47	78	8	28	63		20	59	18	50	82
	4			26	3	5	13		6	25	10	21	62		4	4	27	61	2	14	43		8	36	11	32	72
	5			13	2	2	5		2	13	5	12	46		5	1	14	44	1	6	27		3	19	7	11	61
	6			6	1	1	1			6	3	7	32		6		29		2	16				9	5	6	51
	7			2	1					3		4	22		7		3	18		8					3		41
	8											2	14		8		1	10		4							33
	9											1	8		9			5		2							26
	10												5		10												20
	11														11												15
	12														12												11
	13														13												9
	14														14												6
	15														15												5
	16														16												3
	17														17												2
	18														18												2
Soledade														Veranópolis													
Maior	1	86	96	98	79	96	97	66	92	98	72	82	90	Maior	1	96	99	100	86	97	98	78	94	99	95	99	100
	2	65	89	95	47	83	91	32	71	93	50	68	82		2	82	97	100	59	86	94	51	81	96	82	96	99
	3	47	79	90	22	63	83	13	45	86	34	56	74		3	61	90	99	32	68	86	30	64	92	62	89	98
	4	31	67	84	9	42	74	5	24	76	23	46	66		4	39	79	97	14	47	78	16	47	84	42	79	96
	5	20	56	78	3	25	65	1	10	65	16	38	60		5	21	64	93	5	29	68	8	33	74	25	66	92
	6	13	46	71		13	57			54	10	31	54		6	10	49	88	2	15	58	4	21	64	14	52	87
	7	8	37	64		6	48			43	7	26	49		7	4	35	81		7	48	2	13	54	7	38	81
	8	5	29	57		3	41			34	5	21	44		8	2	23	73		3	40	1	8	44	3	37	75
	9	3	23	50			35			26	3	18	39		9	1	14	64		1	32		5	35	2	19	67
	10	2	18	44			29			20	2	15	36		10		8	55			26		3	28	1	12	59
	11	1	14	38			24			15	1	12	32		11		5	46			20			21		8	52
	12	1	10	33			20			11	1	10	29		12		2	37			16			16		5	44
	13		8	28			16			8	1	8	26		13		1	30			12			12		3	38
	14		6	24			13			6		7	23		14		1	23			9			9		2	31
	15		4	21			11			4		6	21		15			18			7			7		1	26
	16		3	18			9					5	19		16			13			5			5			21
	17		2	15			7					4	17		17			10			4			3			17
	18		2	12			6					3	15		18			7			3						14
	19		1	10			5					3	14		19			5			2						11
	20		1	9			4					2	12		20			4			2						9
	21		1	7			3					2	11		21			2			1						7
	22			6									10		22			2									5
	23			5									9		23			1									4
	24			4									8		24			1									3
	25			3									7		25			1									2
	26			3									7		26												
	27			2									6		27												
	28			2									5		28												
	29			2									5		29												
	30												4		30												
	31												4		31												

A análise dos resultados deste trabalho indicam que eles são semelhantes àqueles obtidos para a metade sul do Estado (BURIOL et al, 1998; STEINMETZ et al., 2001a). Embora a probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas prejudiciais à cultura do arroz irrigado não tenha sido considerada nos primeiros zoneamentos agroclimáticos reali-

zados (MOTA et al., 1974; RIO GRANDE do SUL, 1994), a maioria das localidades analisadas neste trabalho enquadra-se nas categorias “Preferencial” ou “Tolerada”, daqueles zoneamentos. Os resultados aqui relatados, e ainda mais após a sua espacialização através de técnicas de geoprocessamento, serão de grande utilidade no aprimoramento do zoneamento

agroclimático por épocas de semeadura dessa cultura, na escala municipal, elaborado por STEINMETZ *et al.* (2001b). Esse tipo de zoneamento faz parte do projeto de redução de riscos climáticos na agricultura, coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, desde outubro de 1995. Esse projeto, além de ser um indutor de tecnologia e contribuir para a redução dos riscos climáticos, tem sido uma ferramenta de grande utilidade para a Segurança Agrícola Nacional (ROSSETTI, 1999).

Conclusões

Houve diferenças acentuadas na probabilidade de ocorrência de temperaturas prejudiciais ao arroz irrigado entre as localidades estudadas;

A probabilidade de ocorrência de temperaturas prejudiciais ao arroz irrigado é menor nos decêndios dos meses de janeiro e fevereiro e no primeiro decêndio de março. Isso indica que é possível minimizar a sua influência utilizando-se cultivares e épocas de semeadura de modo que as fases mais críticas da planta (pré-floração e floração) coincidam com esse período.

Agradecimentos

Os autores agradecem às funcionárias da Estação Agroclimatológica, convênio Embrapa/UFPel, Eva S. Ferreira e Denise D. dos Santos, pelo auxílio prestado na elaboração deste trabalho, e ao 8º DISME/INMET e à FEPAGRO, pela cedência dos dados.

Referências bibliográficas

- BLISS, C.I.; FISCHER, R.A. Fitting the Negative Binomial distribution to biological data. **Biometrics**, Washington, v. 9, p. 176-200, 1953.
- BOARD, J.E.; PETERSON, M.L.; NG, E. Floret sterility in a cool environment. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, May-June, p. 483-487, 1980.
- BURIOL, G.A. *et al.* Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais à fecundação das flores de arroz na região da Depressão Central, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 1-9, 1998.
- CAMPOS, C.R.J. de; STEINMETZ, S. Aspectos sinóticos da ocorrência de temperaturas baixas durante a fase reprodutiva do arroz irrigado na região sul do Rio Grande do Sul: Estudo de casos. **Agropecuária de Clima Temperado**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 121-133, junho, 2001.
- CAMPOS, H. de. **Estatística não Paramétrica**. 4. ed., Piracicaba: ESALQ/USP, 1983. 349 p.
- DAVIES, R.G. **Computer programing in quantitative Biology**. Londres: Academic Press, 1971.492 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. IBGE: Rio de Janeiro, v. 14, n. 12, 2001. Disponível em :[URL:http://www2.ibge.gov.br/pub/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola\[mensal\]/Fasciculo](http://www2.ibge.gov.br/pub/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola[mensal]/Fasciculo). Consultado em 17 abr. 2002.
- MOTA, F.S. da. Influência da radiação solar e do “frio” no período reprodutivo sobre o rendimento do arroz irrigado em Pelotas e Capão do Leão. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 47, n. 413, p. 22-23, mar./abr. 1994.
- MOTA, F.S. da *et al.* **Zoneamento Agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas: IPEAS, 1974. 122 p. (IPEAS. Circular Técnica n. 50, v. 2)
- NETTO, J. A.; STEINMETZ, S. Caracterização das massas de ar em relação à ocorrência de frio durante o período reprodutivo do arroz na região de Pelotas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9, 1995, Campina Grande, PB. **Anais...**, Campina Grande: SBA, 1995. p. 202-203.
- NISHIYAMA, I. *et al.* Protecting effect of temperature and depth of irrigation water from sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage of rice plants. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**. Tokio, v. 38, n. 3, p. 554-555, 1969.
- PETERSON, M.L. *et al.* Cool night temperatures cause sterility in rice. **California Agriculture**, Berkeley, v. 28, n. 7, p. 12-14, 1974.
- RIO GRANDE DO SUL. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento/ Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1994, 2 v.
- ROSSETTI, L.A. Segurança e zoneamento agrícola no Brasil. Novos rumos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis, SC. **Programa e Resumo dos Anais...**, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. p. 57-78.
- SATAKE, T. Sterile-type cool injury in paddy rice plants. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Climate and rice**. Los Baños: IRRI, 1976. p. 281-300.

STEINMETZ, S. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais à fecundação das flores de arroz em distintas regiões produtoras do estado do Rio Grande do Sul. **Agropecuária de Clima Temperado**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 63-77, junho, 2001a.

STEINMETZ, S. et al. **Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no estado do**

Rio Grande do Sul (Versão 3). Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001b. 31 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 81).

TERRES, A.L.; GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul - 1984. In: **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas, SP: Fundação Cargill, cap. 6, 1985. p. 83-94.