

RELAÇÃO ENTRE A PASSAGEM DE SISTEMAS FRONTAIS E A OCORRÊNCIA DE BAIXAS TEMPERATURAS DURANTE AS FASES DE PRÉ-FLORAÇÃO E FLORAÇÃO DO ARROZ IRRIGADO NO RS

RELATIONSHIP BETWEEN THE OCCURRENCE OF FRONTAL SYSTEMS AND LOW TEMPERATURES DURING THE BOOTING AND HEADING PHASES OF RICE CROP IN RS

Cláudia Rejane Jacondino de Campos^{1*}, Diego Simões Fernandes², Rubinei Machado², João Baptista da Silva³

RESUMO

A ocorrência de baixas temperaturas do ar durante as fases mais sensíveis da planta (pré-floração e floração) pode causar decréscimos acentuados na produtividade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. O objetivo deste trabalho foi relacionar a ocorrência de temperaturas iguais ou inferiores a 15°C ($T \leq 15^\circ\text{C}$) com a passagem de sistemas frontais (SF), em quatro regiões produtoras de arroz irrigado do RS, durante as fases de pré-floração e floração da cultura (janeiro e fevereiro), no período de 1986 a 2003. Para tal, utilizou-se dados de $T \leq 15^\circ\text{C}$ e de ocorrência de SF. Os resultados mostraram que dentre as regiões estudadas, atenção especial deve ser dada às localidades de Santa Vitória do Palmar e Bagé, pois estas são as que apresentam: mais dias com $T \leq 15^\circ\text{C}$; mais casos Tipo I, II e III; as menores médias de $T \leq 15^\circ\text{C}$ e mais casos Tipo I, II e III associados à passagem de SF. Pode-se concluir que a ocorrência

de $T \leq 15^\circ\text{C}$, tem relação com a passagem de dois ou mais SF, que propiciam o estabelecimento de anticiclones polares responsáveis pelas baixas temperaturas que são prejudiciais à cultura do arroz.

Palavras-chaves: sistemas frontais, baixas temperatura do ar, frio, arroz

ABSTRACT

The occurrence of low temperatures during the most sensitive stages of the crop (booting and heading) may cause severe yield decreases in the paddy rice cultivated in the State of Rio Grande do Sul (RS). The goal of this work was to analyze the relationship between the air temperatures equal or lower than 15°C ($T \leq 15^\circ\text{C}$) and the front systems (FS) that crossing over four areas that produces rice in the RS, during the booting and heading phases of the rice crop (January and February), from 1986 to 2003. Data from $T \leq 15^\circ\text{C}$

¹Profa associado II, Doutora Física da Atmosfera, Faculdade de Meteorologia-UFPEL, CP 354, 96.010-900, Pelotas-RS, cjcampos@ufpel.edu.br

* Autor para correspondência

²Mestrando, Bacharel em Meteorologia, USP

³Prof. Aposentado, Livre-docente, UFPEL

(Recebido para publicação em 29/08/2007 aprovado em 15/08/2008)

and FS occurrences were used. The results showed that special attention should be done to Santa Vitória do Palmar and Bagé localities because they are those that presented: more days with $T \leq 15^{\circ}\text{C}$; more cases Type I, II and III; the lowest mean of $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ and more cases Type I, II and III related with the occurrence of FS. The $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ are associated to the occurrence of two or more FS, which are the responsible for the establishment of the polar anticyclones that cause low temperatures harmful to the rice crop.

Key-words: front systems, low air temperature, chilling, rice

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) se destaca na produção nacional de culturas produzidas em ambas as estações, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Quando se trata da cultura do arroz, que é cultivado em praticamente todos os estados do Brasil, o RS é o principal produtor. Para a safra 2007/2008, é estimada uma participação de 60,2%, do total de arroz irrigado produzido no país (CONAB, 2008). 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 (pré-floração-microesporogênese e de floração), pode causar decréscimos acentuados na produtividade das lavouras (TERRES & GALLI, 1985). As temperaturas do ar 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) ou 15°C (PETERSON et al., 1974, citado por BOARD et al., 1980). No RS, a temperatura de 15°C tem sido usada como referência em estudos agroclimatológicos (STEINMETZ et al.,

1999). Uma regionalização do risco de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais ao arroz irrigado do RS foi feita por STEINMETZ et al. (1999), mostrando que o risco de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ ocorrer, varia entre as distintas regiões do Estado e é mais acentuado em todos os decêndios do mês de dezembro e nos dois últimos do mês de março. Portanto, para aumentar as chances de escape do problema do frio, as épocas de semeadura e o ciclo devem ser escolhidos de modo que as fases mais críticas da planta às baixas temperaturas (pré-floração e floração) coincidam com os períodos de menores chances de ocorrência destas temperaturas, ou seja, ocorram durante os meses de janeiro e fevereiro. Porém, mesmo que as épocas de semeadura sejam planejadas para que o período reprodutivo ocorra em janeiro e fevereiro, nestes meses também há probabilidade de ocorrerem $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ em todo o RS, sendo esta probabilidade maior, segundo STEINMETZ et al. (1999), nas regiões sul e sudeste do Estado.

Diversos autores (CAMPOS & STEINMETZ, 2001; FERNANDES et al., 2006) mostraram que baixas temperaturas observadas nos meses de janeiro e fevereiro ocorrem, geralmente, quando duas ou mais frentes frias (Sistemas Frontais - SF) passam sobre a região estudada. Em seguida, estabelece-se um anticiclone, que nada mais é do que um sistema de alta pressão relacionado à massa de ar polar que se move na retaguarda das frentes frias e é caracterizado por ausência de convecção, ventos calmos, pouca nebulosidade e baixas temperaturas.

Pelo que foi exposto acima, estudos mostram que a passagem de SF pelo RS nos meses de janeiro e fevereiro pode causar temperaturas mínimas prejudiciais ao desenvolvimento do arroz irrigado, e também que o risco dessas temperaturas ocorrerem nesses meses varia entre as diferentes regiões do Estado. Portanto, fica clara a importância de estudos

sobre este tema. Dentro deste contexto, este estudo teve como objetivo, relacionar a ocorrência de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ com a passagem de SF em quatro regiões produtoras de arroz irrigado do RS, durante as fases de pré-floração e floração da cultura (janeiro e fevereiro), no período de 1986 à 2003.

Para este trabalho, foram fornecidos pelo 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre - 8ºDISME/INMET, os dados de temperatura mínima diária, registrados nos meses de janeiro e fevereiro, em quatro estações meteorológicas de superfície. O período de dados utilizado foi de 1986 a 2003. As quatro regiões produtoras de arroz irrigado escolhidas, de acordo com o Instituto Rio Grandense do Arroz – IRGA foram: Litoral Sul (Santa Vitória do Palmar – latitude: $33^{\circ}31'S$; longitude: $53^{\circ}21'O$; altitude: 24m), Campanha (Bagé - latitude: $31^{\circ}20'S$; longitude: $54^{\circ}06'O$; altitude: 242,31m), Depressão Central (Santa Maria - latitude: $29^{\circ}42'S$; longitude: $53^{\circ}48'O$; altitude: 95m) e Fronteira Oeste (Uruguaiana - latitude: $29^{\circ}45'S$; longitude: $57^{\circ}05'O$; altitude: 74m).

Foram utilizados também os Boletins de Monitoramento e Análise Climática – Climanálise, divulgados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos localizado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CPTEC/INPE, que descrevem as situações sinóticas ocorridas em cada mês no Brasil, e permitem a detecção da atuação de SF sobre a região de estudo.

Inicialmente, os dias em que ocorreram $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ nos meses de janeiro e fevereiro para as localidades e período de estudo foram contabilizados e analisados. Na sequência, foi feita uma classificação dos casos detectados em função do número de dias com ocorrências de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$, obtendo-se assim três tipos de casos de estudo: caso Tipo I: com apenas um dia com $T \leq 15^{\circ}\text{C}$; caso Tipo II: com dois dias consecutivos com $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ e, caso Tipo III: com três ou mais dias

consecutivos com $T \leq 15^{\circ}\text{C}$. Também foi feita uma análise para os meses de janeiro e fevereiro das médias de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$, para cada localidade, para os 18 anos de estudo. Essa mesma análise foi feita para os casos Tipo I, Tipo II e Tipo III. Por fim, com a intenção de analisar a relação existente entre a ocorrência de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ e a passagem de SF sobre a região de estudo, analisou-se o número de casos do Tipo I, Tipo II e Tipo III que estavam associados à passagem de: nenhum (0), um ou dois ($2 \leq$) ou três ou mais (≥ 3) SF sobre cada localidade de estudo. Para tal, foram contabilizados os SF que haviam passado até 15 dias antes da primeira ou única ocorrência de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$, para cada caso. Os SF foram separados dessa maneira para permitir o confronto dos resultados obtidos neste trabalho com aqueles apresentados na literatura (CAMPOS & STEINMETZ, 2001; FERNANDES et al., 2006).

A Tabela 1 mostra o número de dias com ocorrência de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$, nos meses de janeiro e fevereiro, para as quatro regiões produtoras de arroz irrigado do RS, no período de 1986 a 2003. Os resultados mostraram que, no período de estudo houve a ocorrência de 456 dias com $T \leq 15^{\circ}\text{C}$, ocorrendo 50% dos dias em janeiro e 50% em fevereiro. A região mais atingida por $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ foi o Litoral Sul, com 175 dias de ocorrência (38,4%), seguida da Campanha, com 164 dias de ocorrência (36%) e da Depressão central, com 73 dias de ocorrência (16%). Já a Fronteira Oeste foi a menos atingida, com 44 dias de ocorrência (9,6%). Segundo NIMER (1989), a probabilidade de ocorrer baixas temperaturas varia de um local para outro em função principalmente dos fatores como latitude, continentalidade, altitude, presença de grandes massas de água e/ou vegetadas e dos ventos predominantes. STEINMETZ et al. (2003) quando estudaram as probabilidades de ocorrência de

temperaturas mínimas, de dezembro a março, para 29 localidades do RS, mostraram que há diferenças acentuadas entre as distintas regiões agroecológicas do RS quanto à probabilidade de ocorrência de $T \leq 15^\circ\text{C}$, evidenciando uma forte influência da altitude. O que foi observado por estes autores e também neste trabalho é que na região da Campanha e na parte sul do Litoral Sul a ocorrência de temperaturas baixas nos

meses de janeiro e fevereiro está mais relacionada com a latitude. Por estarem situadas mais ao sul do Estado, essas regiões sofrem primeiro e, com maior intensidade, o efeito dos anticiclones polares que se estabelecem após a passagem de duas ou mais frentes frias, vindas do Sul do Continente (CAMPOS & STEINMETZ, 2001).

Tabela 1 - Número de dias com ocorrência de $T \leq 15^\circ\text{C}$, para quatro regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, nos meses de janeiro e fevereiro, no período de 1986 a 2003.

Anos	Litoral Sul (Santa Vitória do Palmar)		Campanha (Bagé)		Depressão Central (Santa Maria)		Fronteira Oeste (Uruguaiana)	
	Jan	Fev	Jan	Fev	Jan	Fev	Jan	Fev
	93	82	82	82	30	43	23	21
<i>Total</i>	175		164		73		44	

A Tabela 2 mostra o número de casos Tipo I, II e III, para as quatro regiões produtoras de arroz irrigado do RS, escolhidas para este trabalho, nos meses de janeiro e fevereiro, no período de 1986 a 2003. Pode-se observar na Tabela 2, que o mês de janeiro apresentou um maior número de ocorrências de casos, em relação a fevereiro, ou seja, 7,7% a mais (20 casos a mais). Ocorreu maior número de casos em janeiro do que em fevereiro, pois o número de casos do Tipo I em janeiro foi superior a fevereiro em 23 casos. O número de casos do Tipo II e III, nos dois meses, foi próximo, 60 e 63 casos, respectivamente. Nas quatro regiões, os casos Tipo I, aqueles que registraram apenas um dia com $T \leq 15^\circ\text{C}$, foram os mais frequentes, com 52,7% do total de casos, seguidos dos casos Tipo II (dois dias consecutivos com $T \leq 15^\circ\text{C}$) e Tipo III (três ou mais dias consecutivos com $T \leq 15^\circ\text{C}$), com 29,6% e 17,7%, respectivamente. Esses resultados concordam com

aqueles obtidos por STEINMETZ et al. (2003) quando estudaram as probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas, de dezembro a março, para 29 localidades do RS, e obtiveram que estas são mais altas para um dia de ocorrência de $T \leq 15^\circ\text{C}$.

Com relação às regiões produtoras de arroz irrigado, pode-se observar que o Litoral Sul e a Campanha foram as regiões que mais registraram ocorrências de casos: 97 e 88 casos, correspondendo a 37,3% e 33,9%, do total de casos registrados, respectivamente. Vale ressaltar que estas regiões foram as que apresentaram o maior número de dias com ocorrência de $T \leq 15^\circ\text{C}$ (ver Tabela 1). A Depressão Central registrou a ocorrência de 15,4% do total de casos observados (40 casos) e a Fronteira oeste foi a região que apresentou o menor número de ocorrência de casos 35 casos (13,5% do total de casos).

Tabela 2 - Número de casos Tipo I, II e III, para quatro regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, nos meses de janeiro e fevereiro, no período de 1986 a 2003.

	Jan			Fev		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Santa Vitória do Palmar (Litoral Sul)	34	15	8	19	12	9
Bagé (Campanha)	25	15	8	16	12	12
Santa Maria (Depressão Central)	9	6	3	7	10	5
Uruguaiana (Fronteira Oeste)	12	4	1	15	3	0
Total por Tipos	80	40	20	57	37	26
Total por Mês		140			120	

A análise das médias das $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ para quatro regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, para os meses de janeiro e fevereiro, no período de 1986 à 2003 (dados não apresentados), mostra que não houve grandes variações nas médias das $T \leq 15^{\circ}\text{C}$. As regiões da Campanha e Litoral Sul registraram as menores médias de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ no período de estudo, tanto em janeiro quanto em fevereiro ($13,11^{\circ}\text{C}$ e $13,28^{\circ}\text{C}$ em janeiro e $12,74^{\circ}\text{C}$ e $12,95^{\circ}\text{C}$ em fevereiro). A região da Fronteira Oeste foi a que apresentou a maior média das $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ no período de estudo, nos dois meses analisados ($13,84^{\circ}\text{C}$ em janeiro e $13,3^{\circ}\text{C}$ em fevereiro). As menores médias de $T \leq 15^{\circ}$ observadas nas regiões da Campanha e Litoral Sul corroboram os resultados obtidos com relação à influência dos anticiclones polares que se estabelecem após a passagem de duas ou mais frentes frias, vindas do Sul do Continente e que causam baixas temperaturas (CAMPOS & STEINMETZ, 2001; FERNANDES et al., 2006).

A análise das médias das $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ para os casos Tipo I, Tipo II e Tipo III, observados nas quatro regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, para os meses de janeiro e fevereiro, no período de 1986 à 2003 (dados não apresentados), mostrou que as maiores médias de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ são observadas nos casos Tipo I. Ou seja, quanto maior número de dias

consecutivos com $T \leq 15^{\circ}\text{C}$, menor é a média dessas temperaturas. Na verdade, quando uma massa de ar frio atua sobre uma região pode gerar um ou mais dias com baixas temperaturas e isso depende do tempo que a massa de ar permanece sobre a região e esse tempo depende principalmente da sua intensidade (NIMER, 1989).

A Tabela 3 mostra o número de casos Tipo I, Tipo II e Tipo III observados em quatro regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, nos meses de janeiro e fevereiro, no período de 1986 à 2003, associado ao número de SF que passaram, sobre as regiões estudadas, até quinze dias antes da ocorrência de cada caso. Os resultados mostraram que a ocorrência de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ foi influenciada pela passagem de SF sobre a região de estudo, uma vez que 81,5% dos casos observados (238 casos dos 260 observados) estavam associados à passagem de SF pela região. Apenas 8,5% dos casos Tipo I, II e III não estavam associados à passagem de SF sobre a região estuda. Pode-se observar também, que nas quatro regiões produtoras de arroz irrigado do RS o maior número de casos Tipo I, II e III ocorreu associado à passagem de três ou mais SF (63,5% dos 260 casos observados), seguidos daqueles associados à passagem de dois ou menos SF (28% dos 260 casos observados). Em todas as regiões os casos

Tipo I foram os mais influenciados pela passagem de SF (51,7% dos 238 casos), seguidos dos casos Tipo II (29,4% dos 238 casos e Tipo III (18,9% dos 238 casos). As regiões Litoral Sul e da Campanha foram as que apresentaram o maior número de casos Tipo I, II e III associados à passagem de SF, 90 e 78 casos, respectivamente (37,8% e 32,8% dos 238 casos associados à passagem de SF).

Os resultados obtidos neste trabalho, relativos à análise da relação existente entre a ocorrência de

$T \leq 15^{\circ}\text{C}$ e a passagem de SF sobre a região de estudo (Tabela 3), confirmam aqueles apresentados na literatura (CAMPOS & STEINMETZ, 2001; FERNANDES et al., 2006), os quais mostram que a ocorrência de baixas temperaturas nos meses de janeiro e fevereiro, tem relação com a passagem de dois ou mais SF sobre a região estudada, os quais deixam a região sob a ação direta de anticiclones polares que causam queda de temperatura.

Tabela 3 - Número de casos Tipo I, Tipo II e Tipo III observados em quatro regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, nos meses de janeiro e fevereiro, no período de 1986 à 2003, associado ao número de Sistemas Frontais que passaram até quinze dias antes da ocorrência de cada caso.

	Litoral Sul (Sta Vitória do Palmar)			Campanha (Bagé)			Depressão Central (Santa Maria)			Fronteira Oeste (Uruguiana)		
	Sistemas Frontais			Sistemas Frontais			Sistemas Frontais			Sistemas Frontais		
	0	≤ 2	≥ 3	0	≤ 2	≥ 3	0	≤ 2	≥ 3	0	≤ 2	≥ 3
TIPO I	5	15	33	7	9	25	1	4	11	1	8	18
TIPO II	1	10	16	3	6	18	0	5	11	3	0	4
TIPO III	1	6	10	0	5	15	0	4	4	0	1	0
Subtotal	7	31	59	10	20	58	1	13	26	4	9	22
Total	7	90		10	78		1	39		4	31	

Com este estudo pode-se concluir que: i) das quatro regiões produtoras de arroz irrigado do RS estudadas, no período de 1986 a 2003, nos meses de janeiro e fevereiro (fases de pré-floração e floração do arroz irrigado), atenção especial deve ser dada às regiões Litoral Sul (Santa Vitória do Palmar) e Campanha (Bagé), pois estas apresentam: (a) o maior número de dias com $T \leq 15^{\circ}\text{C}$; (b) o maior número de casos Tipo I (com apenas um dia com $T \leq 15^{\circ}\text{C}$), Tipo II (com dois dias consecutivos com $T \leq 15^{\circ}\text{C}$) e Tipo III (com três ou mais dias consecutivos com $T \leq 15^{\circ}\text{C}$, que são os mais prejudiciais à cultura do arroz irrigado, devido à repetição de dias consecutivos com baixas

temperaturas); (c) as menores médias de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$ e (d) o maior número de casos Tipo I, II e III associados à passagem de SF; ii) nas quatro regiões produtoras de arroz irrigado do RS estudadas, no período de 1986 à 2003, nos meses de janeiro e fevereiro (fases de pré-floração e floração do arroz irrigado): (a) os casos Tipo I (com apenas um dia com $T \leq 15^{\circ}\text{C}$) são os mais freqüentes e os mais influenciados pela passagem de SF e (b) a ocorrência de $T \leq 15^{\circ}\text{C}$, tem relação com a passagem de dois ou mais SF, que propiciam o estabelecimento de anticiclones polares responsáveis pelas baixas temperaturas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

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.

CAMPOS, C. R. J.; STEINMETZ, S. Aspectos sinóticos da ocorrência de temperaturas prejudiciais ao arroz irrigado na região sul do Rio Grande do Sul: estudo de casos. **Agropecuária Brasileira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 121-134, 2001.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: oitavo levantamento, mai 2008**. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, 2008. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf>. Acesso em 13/05/2008.

FERNANDES, D.S.; MACHADO, R.D.; CAMPOS, C.R.J.; SILVA, J.B.; SILVEIRA, C.P. Temperaturas mínimas abaixo de 15°C relacionadas al pasaje de sistemas frontales en 4 regiones productoras de arroz irrigado en RS. In: XV Congresso Mexicano de Meteorologia, 2006, Puerto Vallarta, **Anais em CD...** 2006. p.133-140.

NISHIYAMA, I.; ITO, N.; HAYASE, H. 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**. Tokyo, v. 38, n. 3, p. 554-555, 1969.

NÍMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ed. Rio de Janeiro: IBGE: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 421p.

STEINMETZ, S., ASSIS, F.N. de, BURIOL, G. A. et al. Regionalização do risco de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais ao arroz irrigado do Rio Grande do Sul. In: XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, II Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia. 1999, Florianópolis. **Anais em CD...** Florianópolis, SC: SBA, 1999.

STEINMETZ, S.; ASSIS, F.N. de; BURIOL, G.A. et al. Mapeamento das probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas do ar, durante o período reprodutivo do arroz irrigado, no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 169-179, 2003.

TERRES, A. L., GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul – 1984. In: Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado (Pelotas, RS). **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: Fundação Cargill, 1985, cap.6, p.83-94.