

ISSN 0104-1347

Relação entre elementos meteorológicos e rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul¹

Relationship between meteorological elements and paddy rice yield in the State of Rio Grande do Sul, Brazil¹

Luciano de Campos Carmona², Moacir Antonio Berlato³ e João Ito Bergonci⁴

Resumo - Os modelos agrometeorológicos, que quantificam o efeito dos elementos meteorológicos no rendimento são importante ferramenta aos vários segmentos da agricultura, permitindo a estimativa do rendimento com relativa antecedência à data de colheita. O objetivo deste trabalho foi estabelecer a relação entre a temperatura mínima do ar e a razão de insolação, e rendimento de grãos de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. Para isto, foram coletados, junto aos Anuários Estatísticos do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) dados de rendimento médio da região orizícola do Estado, período de 1944 a 2000. As séries históricas de rendimento foram corrigidas com a retirada da tendência tecnológica. Os dados de temperatura mínima do ar e insolação, foram coletados das redes de estações meteorológicas pertencentes ao 8º Distrito de Meteorologia, do Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) e à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAGRO/SCT-RS). Os dados de rendimento foram correlacionados com os dados meteorológicos. Os resultados mostraram que o rendimento de grãos de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul, é função, principalmente, da insolação dos meses de outubro a março e do número de dias com temperatura do ar igual ou inferior a 15°C dos meses de janeiro, fevereiro e, principalmente, março. Estes resultados servem de subsídio para modelos de previsão de safras para essa cultura no Estado.

Palavras-chave: Previsão de safra, *Oryza sativa*, insolação, temperatura mínima.

Abstract - Models, which quantify the effects of the meteorological elements on yield, are important tools to agriculture, especially to allow the estimation of yield before harvest. The objective of this study was to establish the relationship between the minimum air temperature and of the actual to possible sunshine duration and grain yield of paddy rice in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Data were collected from the statistical reports from IRGA (Instituto Riograndense do Arroz) on the average yield from the paddy rice producing regions of the state on the years of 1944 to 2000. The grain yield historical series were corrected removing the technological tendency. Minimum air temperatures, and sunshine duration were obtained from the meteorological network of the 8º DISME/INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) and FEPAGRO/SCT-RS (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária). Data analysis was performed through regression and correlation techniques on yield and meteorological variables. Paddy rice grain yield in the State is a function mainly of the sunshine duration in the months of October to March and of the number of days with minimum air temperatures lower than or equal to 15°C from January through march. These last results are useful for yield forecast models of this crop.

Key words: Yield forecast, *Oryza sativa*, duration sunshine, minimum air temperature.

¹Trabalho extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, área de concentração Agrometeorologia - UFRGS.

²Eng. Agr., Mestre em Fitotecnia, área de concentração em Agrometeorologia, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, UFRGS, Bolsista do CNPq. E-mail: luccarmona@zipmail.com.br

³Eng. Agr., Dr., Prof. Adjunto, Dep. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Caixa Postal 776, CEP:91501-970, Porto Alegre-RS. Bolsista do CNPq.

⁴Biólogo, Dr., Prof. Adj. Dep. Botânica, UFRGS, Rua Paulo Gama s/n Porto Alegre-RS. CEP:91540-000.

Introdução

No Brasil, no ano agrícola de 1999/2000, a área cultivada com arroz foi de aproximadamente 3,63 milhões de ha, com um rendimento médio de 3.010kg/ha (FAO, 2001), e no Estado do Rio Grande do Sul (RS) a área cultivada foi de 951.665 ha com um rendimento médio de 5.390kg/ha (IRGA, 2000).

A produção de arroz no Brasil é originária, principalmente, das lavouras irrigadas dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina que contribuem com aproximadamente 60 % da produção nacional. No contexto da economia gaúcha, a orizicultura contribui com cerca de 28 % da produção total de grãos do Estado, com 2 % do Produto Interno Bruto (PIB) e 5 % do Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) (IRGA, 1997).

Os elementos meteorológicos, tais como temperatura do ar, radiação solar e a precipitação influem diretamente nos processos fisiológicos que ocorrem durante o desenvolvimento do arroz (DANTAS & GUIMARÃES, 1996). Em regiões onde a temperatura do ar não é limitante para o crescimento e desenvolvimento do arroz irrigado, a radiação solar é um dos principais fatores que influenciam na produção de grãos. O decréscimo no rendimento do arroz pode atingir 70%, caso as plantas sejam submetidas a baixos níveis de radiação solar, principalmente nos períodos reprodutivo e de enchimento de grãos (YOSHIDA & PARAO, 1976).

A temperatura mínima do ar crítica à fecundação das flores de arroz está na faixa de 15°C a 17°C. Plantas com primórdio floral em iniciação, submetidas a 17°C durante 5 dias tornam-se completamente estéreis, enquanto que a 15°C durante apenas uma hora, ocorre o cessamento da formação de pólen. Para alguns genótipos, temperaturas abaixo de 19°C já induzem esterilidade. Com o abaixamento da temperatura e o incremento na duração de ocorrência das baixas temperaturas, a percentagem de esterilidade também aumenta (BOARD *et al.*, 1979; SATAKE, 1969; TERRES & GALLI, 1985).

Estudos mostram que há diferenças marcantes quanto à probabilidade de ocorrência de temperaturas prejudiciais ao arroz, não apenas entre as distintas regiões orizícolas do Estado do Rio Grande do Sul, mas, também, em relação ao seu período de ocorrência (BURIOL *et al.*, 1991; STEINMETZ *et al.*, 1995; STEINMETZ *et al.*, 1999).

OLDEMAN *et al.* (1986) demonstraram que o arroz cultivado em áreas inundadas, onde a disponibilidade de água não restringe o crescimento e o desenvolvimento da cultura, e onde os estresses biológicos e as condições adversas do solo são mínimos, o rendimento potencial está relacionado, principalmente, à temperatura do ar e à radiação solar global. A radiação solar tem efeito marcante no rendimento de grãos, principalmente no período reprodutivo, já no período vegetativo este efeito é menor (YOSHIDA, 1981).

O rendimento de grãos de arroz irrigado pode ser expresso como o produto de três componentes principais: número de panículas por unidade de área, número de grãos por panícula e peso de grãos. A magnitude de cada um destes componentes é determinada em diferentes períodos de desenvolvimento da cultura e depende, fundamentalmente, das condições ambientais principalmente da radiação solar, da temperatura do ar, da água e da disponibilidade de nutrientes (NEDEL *et al.*, 1998).

MOTA (1995) estudando a influência da radiação solar e do “frio” no período reprodutivo sobre o rendimento de arroz irrigado em Pelotas e Capão do Leão, no Rio Grande do Sul, constatou que os maiores rendimentos são obtidos quando ocorrem altos níveis de radiação solar global, aliados à baixa ocorrência de temperaturas $\leq 15^{\circ}\text{C}$, nos meses de fevereiro e março. Neste mesmo estudo, o autor verificou que os coeficientes de correlação parciais, indicam que a variação anual dos rendimentos depende em 93% da radiação solar, 83% das horas de “frio” em março e 42% das horas de “frio” em fevereiro.

MURATA (1975) reviu uma série de estudos estatísticos e de simulação do efeito dos elementos meteorológicos na produção de arroz irrigado por inundação no Japão, constatando que os modelos de estimativa de produtividade que utilizaram a radiação solar global e a temperatura do ar, ocorridas durante o período de enchimento dos grãos, foram os que mostraram melhor ajuste aos valores reais de rendimento.

MOTA & SILVA (1981) em Pelotas, Rio Grande do Sul, ao estabelecerem a correlação entre rendimento de arroz irrigado com elementos meteorológicos, observaram o efeito do número total de horas de insolação nos meses de fevereiro e março, e das médias das temperaturas mínimas do ar de dezembro e janeiro, correspondendo aos períodos de enchimento dos grãos e florescimento, respectivamente.

O desenvolvimento de modelos agrometeorológicos para quantificar o efeito dos elementos meteorológicos no rendimento é uma importante ferramenta aos vários segmentos da agricultura, entre eles, por permitir a estimativa do rendimento com relativa antecedência à data de colheita (PEDRO Jr. *et al.*, 1995), sendo que o primeiro passo para produzir estes modelos é que se estabeleça funções que relacionem as variáveis meteorológicas e o rendimento.

O objetivo deste trabalho foi estabelecer relações entre o rendimento do arroz irrigado e os elementos meteorológicos insolação e temperatura mínima do ar, para o Estado do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

Os dados de rendimento médio, corrigidos com a retirada da tendência tecnológica, da região orizícola do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), período 1960-2000, foram obtidos de CARMONA (2001).

Para a variável insolação (número de horas de brilho solar) dos meses de outubro a março,

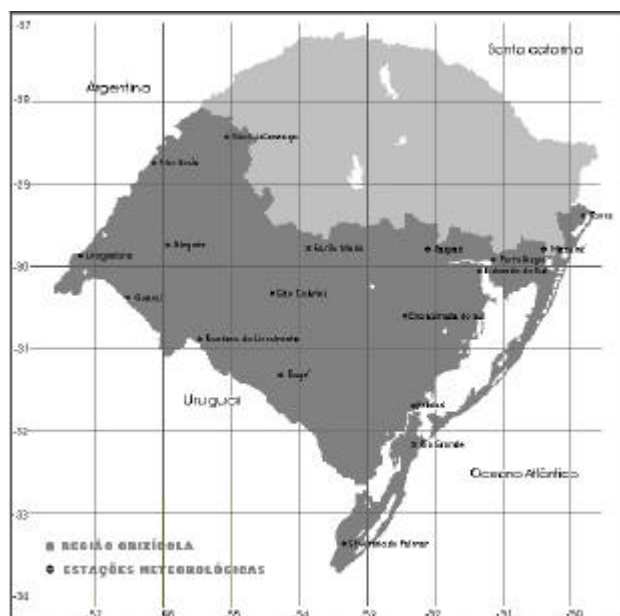


Figura 1. Região orizícola do Estado do Rio Grande do Sul e estações meteorológicas utilizadas no estudo (CARMONA, 2001).

e de temperatura mínima do ar, dos meses de dezembro a março, foram utilizados dados diários, obtidos nas estações meteorológicas (Figura 1), pertencentes ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) e à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAGRO/SCT-RS) no período 1960-2000.

A determinação do calendário agrícola médio da cultura foi realizada a partir de dados relativos ao acompanhamento de safra realizado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). De posse dos dados de insolação foi calculada a razão de insolação (n/N - número efetivo de horas de brilho solar / número máximo de horas de brilho solar) média mensal dos meses de outubro a março, para a região orizícola do Estado. Com os dados de temperatura mínima do ar, foi calculado o número de dias com temperaturas mínimas iguais ou inferiores a 15°C ($N^{\circ}tm$) para os meses de dezembro a março, para a mesma região.

Os rendimentos corrigidos foram correlacionados, em nível mensal, bimestral, trimestral e quadrimestral com as variáveis meteorológicas razão de insolação (n/N) e número de dias com temperatura mínima do ar inferior a 15°C ($N^{\circ}tm$). Foram realizadas análises de regressão, utilizando o método "Stepwise", onde a variável dependente foi o rendimento corrigido (sem tendência) e as variáveis independentes a razão de insolação e o número de dias com temperatura do ar igual ou menor que 15°C.

Considerando-se que no início da década de 80 ocorreu uma abrupta mudança no perfil das variedades utilizadas no Estado, sendo que a partir deste momento passaram a predominar na lavoura gaúcha variedades de porte baixo, folhas eretas e alta capacidade de perfilhamento, atributos estes que conferiram a estas variedades alto potencial produtivo (NEDEL *et al.* 1998), principalmente por serem mais eficientes na interceptação da radiação solar global, optou-se por estabelecer também o mesmo estudo de correlação e regressão para o período 1980-2000, separadamente.

A recuperação dos dados faltantes de temperatura mínima diária foi realizada pelo método das correlações (PUCHALSKI, 2000). A recuperação dos dados de insolação foi feita utilizando-se os dados da estação meteorológica mais próxima e latitude semelhante.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das correlações entre razão de insolação (n/N) e rendimento corrigido de arroz irrigado, para os dois períodos: 1960-2000 e 1980-2000. Verifica-se que existe um certo grau de associação entre estas variáveis em praticamente todos meses, com exceção dos meses de janeiro e março. As maiores correlações, para os dois períodos estudados, foram encontradas quando se considerou todos os meses, o que mostra que em nível de lavoura esta variável assume grande importância em todo o ciclo da cultura (Figura 2), como já foi constatado por NEDEL *et al.* (1998) e YOSHIDA (1981). Observa-se, também, que as correlações entre rendimento e razão de insolação são, em geral, maiores quando se considera o período 1980-2000, separadamente.

Além disso, observa-se que a razão de insolação no mês de outubro apresenta alta correlação com rendimento, fato que pode ser explicado tendo em vista que a insolação tem alta correlação nega-

Tabela 1. Correlações entre razão de insolação (n/N) e rendimento corrigido do arroz irrigado (t/ha), para a região orizícola do Estado do Rio Grande do Sul, períodos 1960-2000 e 1980-2000.

MESES	Correlações	
	1960-2000	1980-2000
Out	0,546**	0,60**
Nov	0,339*	0,31ns
Dez	0,367*	0,47*
jan	-0,008ns	0,22ns
fev	0,422**	0,58**
mar	0,085ns	0,21ns
out-nov	0,524**	0,54**
nov-dez	0,43**	0,43*
dez-jan	0,22ns	0,40ns
jan-fev	0,291ns	0,59**
fev-mar	0,418**	0,54**
out-nov-dez	0,56**	0,58**
nov-dez-jan	0,335*	0,43*
dez-jan-fev	0,385*	0,66**
jan-fev-mar	0,296ns	0,54**
out-nov-dez-jan	0,492**	0,57**
nov-dez-jan-fev	0,446**	0,60**
dez-jan-fev-mar	0,389*	0,61**
Todo período	0,558**	0,68**

* Significativo a $P < 0,05$

** Significativo a $P < 0,01$

ns Não significativo

tiva com precipitação pluvial (CARMONA, 2001), fato que leva a crer que altos níveis de insolação neste período possibilitam a semeadura da cultura dentro da época recomendada, além de favorecer o adequado estabelecimento da mesma.

As correlações entre número de dias com temperatura mínima do ar diária igual ou menor que 15°C e rendimento corrigido de grãos de arroz irrigado, para a região orizícola do Estado do Rio Grande do Sul, períodos 1960-2000 e 1980-2000, são apresentados na Tabela 2. Verifica-se que as maiores correlações, para os dois períodos de estudo, ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro e março, indicando que quanto maior o número de dias com temperatura mínima do ar diária igual ou menor do que 15°C neste trimestre, que cobre todo período de floração e enchimento de grãos da cultura (Figura 3), menor é o rendimento de grãos.

Pelo fato deste estudo de correlações não levar em conta a fenologia da cultura, visto que não existem dados históricos na literatura a este respeito, os coeficientes de correlação encontrados foram relativamente baixos, mas significativos, quando comparados aos resultados encontrados por MOTA & SILVA (1981), que utilizaram dados fenológicos de parcelas experimentais. Os resultados da regressão linear múltipla do rendimento corrigido em função da razão de insolação e do número de dias com temperatura do ar igual ou menor a 15°C, para a região orizícola do Estado do Rio Grande do Sul, período 1960-2000 e 1980-2000, foram respectivamente:

$$Y = 0,075 + 5,895 \text{ n/N (todo período)} - 0,065 \text{ N}^{\circ}\text{tm (jan/fev/mar)} \quad (1)$$

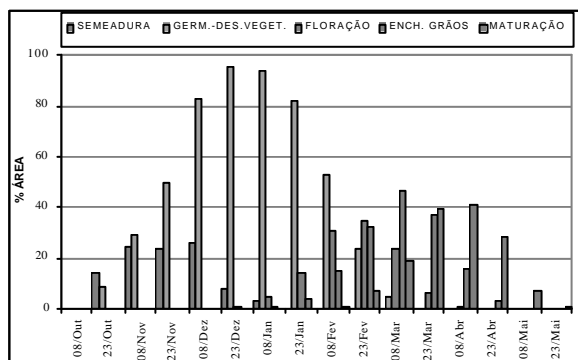


Figura 2. Calendário Agrícola médio da cultura do arroz irrigado, safras 1994-1999, para o Estado do Rio Grande do Sul. Fonte de dados: EMATER-RS

Tabela 2. Correlações entre número de dias com temperatura mínima diária igual ou menor a 15°C (N^otm) e rendimento corrigido do arroz irrigado (t/ha), para a região orizícola do Estado do Rio Grande do Sul, períodos 1960-2000 e 1980-2000.

Meses	Correlações	
	1960-2000	1980-2000
dez	0,11ns	0,028ns
jan	-0,21ns	-0,211ns
fev	-0,04ns	-0,125ns
mar	-0,42**	-0,517**
dez-jan	-0,01ns	-0,067ns
jan-fev	-0,18ns	-0,226ns
fev-mar	-0,40*	-0,574**
dez-jan-fev	-0,02ns	-0,099ns
jan-fev-mar	-0,44**	-0,61**
Todo período	-0,27*	-0,387*

* Significativo a $P < 0,05$

** Significativo a $P < 0,01$

ns Não significativo

$$Y = -0,172 + 5,349 \text{ n/N (todo período)} - 0,043 \text{ N}^{\circ}\text{tm (jan/fev/mar)} \quad (2)$$

onde Y é o rendimento de grãos do arroz (t/ha), n/N a razão de insolação média no período de outubro a março (adimensional) e N^otm o número de dias em que a temperatura mínima do ar foi igual ou inferior a 15°C no período de janeiro a março. As regressões encontradas são significativas ao nível de probabilidade de 0,0001.

Conclusões

O rendimento de grãos do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul, está significativamente correlacionado com a razão de insolação dos meses de outubro a março e com o número de dias com temperatura do ar igual ou menor que 15°C dos meses de janeiro, fevereiro e principalmente março.

A razão de insolação e o número de dias com temperatura do ar menor ou igual a 15°C são os elementos meteorológicos que devem ser explorados em estudos futuros que visem a derivação de modelos de previsão de rendimento para essa cultura no Estado.

Referências bibliográficas

BOARD, J.E.; PETERSON, M.L.; RUTGER, J. M. Response of California rice varieties to cool temperature. **California Agricultural**, Califórnia, v. 33, p. 10-11, 1979.

BURIOL, G.A. et al. Ocorrência e duração das temperaturas mínimas diárias prejudiciais à fecundação das flores de arroz em Santa Maria, RS. I. Probabilidades de ocorrência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 1, n. 21, p. 23-24, 1991.

CARMONA, L.C. **Efeitos associados ao El Niño/La Niña no rendimento do arroz (Oryza sativa L.) irrigado, no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2001. 75 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

DANTAS, R.T.; GUIMARÃES, H.M.A. Influência de parâmetros climáticos na produção do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão. **Anais...**, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996, p. 359-360.

FAO. **Agricultural production**. Disponível em: <<http://www.fao.org/>> Acesso em: 16 jan. 2001.

IRGA.. **Importância do arroz e a pesquisa desenvolvida pelo Irga**. Cachoeirinha: Instituto Rio Grandense do Arroz/ Divisão de Pesquisa, 1997. (Comunicado Técnico).

IRGA. Acompanhamento semanal de colheita do arroz irrigado – safra 1999/2000 – Porto Alegre: Departamento Comercial e Industrial – Divisão de Política Setorial., junho de 2000.

MOTA, F.S. 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. 22-24, 1995.

MOTA, F.S.; SILVA, J.B. Um modelo clima-tecnologia-fenologia para previsão de rendimento de arroz irrigado em pelotas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1981. Pelotas. **Resumos...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Universidade Federal de Pelotas, 1981. p. 197-198.

MURATA, Y. Estimation and simulation of rice yield from climatic factors. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 15, p. 117-131, 1975.

NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; CARMONA, P.S.A. Planta de Arroz: Morfologia e Fisiologia. In: Silmar T. P.;

Jorge L. N., Antonio C.S.A. B. **Produção de arroz irrigado**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1998, p. 45-64.

OLDEMAN, L.R.; SESHU; D.V.; CADY, F.B. Response of rice to weather variables. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON THE IMPACT OF WEATHER PARAMETERS ON GROWTH AND YIELD OF RICE. 1986, Los Baños. **Weather and rice, proceedings...** Los Baños: IRRI (International Rice Research Center), 1986. p. 5-39.

PEDRO Jr., M. J. et al. Estimativa da produtividade de arroz irrigado por inundação em função da temperatura do ar e radiação solar na região de Piedmonhangaba - SP. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 1. p. 96-100, 1995.

SATAKE, T. Research on cool injury of paddy rice plants in Japan. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Japan, v. 4, p. 5-10, 1969.

STEINMETZ, S. et al. Regionalização das probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais ao arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, I., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, **23., 1999, Pelotas, Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 177-182.

STEINMETZ, S. et al. Frequências de temperaturas mínimas do ar em áreas produtoras de arroz irrigado na Região Sul do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 137-139

TERRES, A.L.; GALLI, J. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Efeitos do frio em cultivos de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Campinas: Fundação Cargil, p. 83-94. 1985.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice group science**. Los Baños: IRRI (International Rice Research Center), 1981. p. 128-147, 213-235.

YOSHIDA, S. ; PARAO, F.T. **Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics**. Philippines: IRRI (International Rice Research Center). 1976. p.471-494.

