

Artigo

Influência da Época de Semeadura sobre o Estabelecimento e Desenvolvimento do Arroz Irrigado

Mara Grohs¹ , Roberto Carlos Doring Wolter², Jossana Cera³, Rodrigo de Moura Silveira¹, Cristiele Bergmann², Valeria Pohlmann⁴, Caren Alessandra da Rosa⁵

¹*Instituto Rio Grandense do Arroz, Estação Regional de Pesquisa de Cachoeira do Sul, RS, Brasil.*

²*Instituto Rio Grandense do Arroz, Estação Regional de Pesquisa de Santa Vitória do Palmar, RS, Brasil.*

³*Instituto Rio Grandense do Arroz, Estação Experimental do Arroz, Cachoeirinha, RS, Brasil.*

⁴*Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil.*

⁵*Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.*

Recebido em: 17 de Maio de 2022 - Aceito em: 11 de Setembro de 2022

Resumo

Há uma grande variação climática regional no RS, maior estado produtor de arroz do Brasil, o que ocasiona diferentes respostas em produtividade de grãos, tornando a época de semeadura, o fator determinante da produção anual. O objetivo do trabalho foi avaliar cultivares de arroz irrigado, com diferentes ciclos de desenvolvimento, em função da época de semeadura. Dois experimentos foram conduzidos na região central e zona sul do RS, avaliando a produtividade de grãos em oito épocas de semeadura (a partir de 01/09 até 15/12) com cultivares distintas em função do ciclo: super precoce, precoce, médio e tardio. Foram quantificados a soma térmica, bem como a velocidade de estabelecimento. As semeaduras antecipadas (até 01/10) podem prejudicar o estande inicial e o estabelecimento da cultura é atrasado conforme a antecipação da semeadura. A diferença da necessidade de acúmulo de soma térmica entre os ciclos é mais contrastante do subperíodo emergência-diferenciação da panícula e a época de semeadura para o RS variam conforme o ciclo, sendo 15/09 a 01/10 para o melhor período para semeadura de cultivares tardias, 01/10 a 15/10 para ciclo médio, 01/10 a 15/11 para precoce e 15/11 para super precoce e a temperatura apresenta tanto impacto quanto a radiação solar, na produtividade da cultura.

Palavras-chave: IRGA 424, fotoperíodo, bioclimático, frio.

Influence of Sowing Time on the Establishment and Development of Flooded Rice

Abstract

There is a great regional climatic variation in RS, the largest rice producing state in Brazil, which causes different responses in grain yield, making the sowing time, the determining factor of the annual production of this cereal. This study aimed to evaluate flooded rice cultivars with different development cycles as a function of sowing date and the agroecological sub-region of RS. Two experiments were carried out in the Central and Southern region of RS, evaluating grain yield in eight sowing dates (from 09/01 to 12/15) with cultivars from four different maturation cycles: super short, short, medium and long. The thermal sum was quantified for the main stages of the crop, as well as the speed of establishment at all dates. Early sowing (until 10/01) can harm the initial stand and the establishment of the culture is delayed according to the anticipation of sowing. The difference in the need for thermal sum accumulation between cycles is more contrasting from the emergence- panicle differentiation subperiod and the sowing date for RS, differs according to the cycle being 09/15 to 10/01 for long cultivars, 10/01 to 10/15 for medium, 10/1 to 11/15 for short and 11/15 for super short.

Keywords: IRGA 424, photoperiod, bioclimatic, cold.

1. Introdução

O estado do Rio Grande do Sul (RS) produziu 8,52 milhões de toneladas na safra 2020/21, 73% de todo o arroz produzido no país, sendo registrado o recorde de produtividade, 9.010 kg ha⁻¹ (IRGA, 2021). Esse patamar só foi possível de ser atingido pelo somatório do uso de cultivares de alto potencial produtivo, associado a condições excepcionais de radiação solar durante a fase reprodutiva da cultura, semeada na época correta.

A época de semeadura do arroz irrigado no RS compreende os meses de setembro a novembro (SOSBAI, 2018). Um dos requisitos para estabelecer a época de semeadura é que a floração da planta utilizada coincida com o período de dezembro a janeiro, o qual possui, climatologicamente, os maiores acumulados mensais de radiação solar. Com isso, há incrementos na produtividade, para níveis crescentes de radiação solar quando as fases reprodutiva e de maturação coincidirem com a maior oferta de radiação, entre final de novembro e final de janeiro (Debler *et al.*, 2007; Steinmetz *et al.*, 2013). Por isso, radiações acima da média proporcionam boas produtividades. Na última safra, a radiação solar foi 5,7% superior à normal climatológica (Cera, 2021), o que associado a escolha de materiais de alto potencial produtivo e manejo adequado, condicionaram os patamares de produtividade atingidos. Em função disso, a época de semeadura é considerada o principal fator de manejo condicionante de altas produtividades (Menezes *et al.*, 2012).

Além da preocupação com a disponibilidade de radiação solar, é levado em conta que as fases críticas das plantas não encontrem condições climáticas desfavoráveis (SOSBAI, 2018), que seriam as baixas temperaturas do solo na germinação e baixas temperaturas do ar no pré-florescimento. Yoshida (1981) menciona que as temperaturas ótimas para germinação são de 20 a 35 °C, na floração de 30 a 33 °C e na maturação de 20 a 25 °C.

O melhoramento genético do arroz cultivado no RS é responsável por aproximadamente 70% da produtividade das lavouras, considerando as últimas quatro décadas (Grohs *et al.*, 2019). Com o melhoramento genético, além do aumento da produtividade optou-se pelo encurtamento do ciclo de desenvolvimento do arroz, que o tornou mais competitivo contra algumas espécies espontâneas, como o arroz vermelho, além de menor tempo de utilização de água e menor probabilidade das temperaturas baixas coincidirem com os períodos críticos.

Como resultado desse melhoramento obteve-se cultivares de ciclo muito precoce, precoce, médio e tardio (SOSBAI, 2018). A fenologia dos ciclos de desenvolvimento e a interação com as diferentes épocas de semeadura, aliadas às variações nas temperaturas médias do ar, são os principais fatores que influenciam a duração dos ciclos das cultivares de arroz (Stansel, 1975; Infeld *et al.*, 1998) sendo o potencial produtivo da cultura definido pela

sua interação (Santos *et al.*, 2017). Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar a resposta de cultivares de arroz irrigado com diferentes ciclos de desenvolvimento em função da época de semeadura e da sub-região agroecológica do RS.

2. Material e Métodos

A pesquisa foi realizada nas Estações Regionais de Pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), localizadas em Cachoeira do Sul (região central) e em Santa Vitória do Palmar (zona Sul), Rio Grande do Sul, Brasil, durante as safras de 2014/15, 2015/16 e 2016/17. A área em Cachoeira do Sul possui solo do tipo Planossolo Háplico Eutrófico arênico (Santos *et al.*, 2018), pertencente à Unidade de Mapeamento Vacacaí com as seguintes características físico-químicas na camada de 0-20 centímetros (cm): pH = 4,8; fósforo (P) = 4,6 mg dm⁻³; potássio (K) = 33 mg dm⁻³ e matéria orgânica (MO) = 1,5%. A área de Santa Vitória do Palmar possui solo do tipo Chernossolo Argilúvico Carbonático Típico, unidade de mapeamento Formiga (Santos *et al.*, 2018) com as seguintes características físico-químicas (cm): pH = 6,2; fósforo (P) = 14,3 mg dm⁻³; potássio (K) = 85 mg dm⁻³ e matéria orgânica (MO) = 1,4%.

Os tratamentos consistiram de cultivares de arroz de diferentes ciclos de desenvolvimento (super precoce, precoce, médio e tardio) semeadas em diferentes épocas, a partir de 01/09 e espaçadas quinzenalmente até o dia 15/12, totalizando oito épocas de semeadura em cada safra. As cultivares utilizadas foram: IRGA 421 (super precoce); Puita Inta CL (precoce); IRGA 424 (médio); e EPAGRI 108 (tardio) para Cachoeira do Sul. Em Santa Vitória do Palmar utilizou-se BRS Pampa como cultivar precoce.

As épocas de semeadura foram conduzidas em faixas e dentro de cada época as cultivares foram semeadas em delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída de nove linhas espaçadas 0,17 m por 5,00 m de comprimento, totalizando uma área de 7,65 m² (5,00 x 1,53 m).

A semeadura foi realizada em sistema de cultivo mínimo após dessecação da vegetação espontânea. A densidade de semeadura foi de 100 kg ha⁻¹ para todas as cultivares e todas as épocas de semeadura. As sementes utilizadas foram tratadas com fungicidas e de inseticida (piraclostrobina + metil-tiofanato + fipronil). Os demais tratamentos fitossanitários foram realizados conforme as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2018).

Após a semeadura de cada cultivar, foi marcado, em cada unidade experimental, um metro linear, localizado na segunda linha de semeadura. Nesse local, procedeu-se a contagem diária da emergência das plântulas. Para tal, eram consideradas emergidas assim que tornavam-se visíveis e a avaliação era finalizada quando as contagens esta-

bilizavam. Utilizou-se essa contagem para a determinação do número de dias para se atingir 50% do estande de plantas bem como a população final de plantas, convertendo para m^2 .

Nesse mesmo local, foi acompanhado, em seis plantas previamente marcadas, a ontogenia das plantas (Counce *et al.*, 2000), onde avaliou-se o intervalo de tempo entre os subperíodos da emergência até R_1 , R_1-R_4 e R_4-R_9 correlacionadas com os graus-dias para cada subperíodo. O número de graus dias ($^{\circ}GD$) foi determinado pela equação $GD = \sum(T - Tb)$ onde, T é a temperatura média do ar, observada em abrigo padrão, e Tb a temperatura-base para desenvolvimento das cultivares (Carli *et al.*, 2016). Foi utilizada a temperatura base de $11^{\circ}C$ (Infeld *et al.*, 1998). Essas avaliações foram realizadas apenas em Cachoeira do Sul, RS, nas safras 2015/16 e 2016/17, considerando as semeaduras de setembro a novembro.

O rendimento de grãos foi determinado colhendo-se manualmente as panículas da área útil das parcelas quando os grãos atingiram umidade média de 20%. Estas foram trilhadas e, posteriormente, determinou-se a massa dos grãos e a umidade, sendo corrigida para 13%. Essa avaliação foi realizada tanto em Cachoeira do Sul, quanto em Santa Vitória do Palmar. Os dados relacionados aos elementos meteorológicos, temperatura do ar mínima e máxima e a radiação solar foram adquiridos da estação meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) para as safras 2014/15 e 2015/16 e para a safra 2016/17 foram usados dados da estação do IRGA em Cachoeira do Sul, instalada no campo experimental.

Em Santa Vitória do Palmar os dados meteorológicos foram adquiridos da Estação Convencional do INMET no próprio município até 29/10/15, a partir dessa data utilizaram-se dados da estação meteorológica do IRGA em Santa Vitória do Palmar, no campo experimental. Utilizou-se a média trimestral de dezembro a março de cada ano agrícola da radiação solar para a confecção dos gráficos de produtividade. Para caracterização das condições meteorológicas de cada região, realizou-se a média mensal das três safras para temperatura do ar média, máxima, mínima e radiação solar. A temperatura do ar média foi calculada a partir da média entre a máxima e a mínima diária.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e procedeu-se o desdobramento da interação entre as épocas e os ciclos de desenvolvimento, quando significativa. Os efeitos das épocas foram submetidos à análise de regressão testando os modelos lineares e quadráticos e os efeitos dos ciclos de desenvolvimento foram submetidos ao teste Scott Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar.

3. Resultados e Discussão

Uma lavoura é considerada emergida quando 50% das plantas estão estabelecidas. No presente trabalho, foi

registrada uma variação entre 10 a 28 dias para que houvesse a emergência de 50% das plantas, nas duas safras estudadas, enquanto que o total estabelecimento das plantas variou de 17 até 39 dias e à medida que a semeadura foi sendo atrasada em relação a setembro houve uma maior velocidade de emergência (Figs. 1a e b).

Isto está ligado às condições térmicas do solo, onde a temperatura variou mais de $3^{\circ}C$ entre a primeira (setembro) e a última época de semeadura (novembro). Temperaturas do solo superior a $17^{\circ}C$ é condição fundamental para o início do processo de semeadura no Sul do Brasil (SOSBAI, 2018), pois baixas temperaturas podem retardar o processo germinativo e reduzir a porcentagem de germinação (Mertz *et al.*, 2009) em função desse processo estar intimamente relacionado com as atividades enzimáticas, que requerem uma faixa de temperatura ótima para seu metabolismo.

Os intervalos extensos entre a semeadura e a emergência ocasionaram reduções no número de plantas (Figs. 1c e 1d). Independente da cultivar, o mês de novembro foi, na média das cultivares e das duas safras, a época com maior estabelecimento de plantas (326 plantas m^2), havendo uma redução de 25% para as semeaduras de outubro e 37% para as semeaduras de setembro.

A população inicial de plantas ideal para as cultivares convencionais de arroz irrigado é de 150 a 300 plantas m^2 (SOSBAI, 2018). Na média dos dois anos, todas as épocas atingiram o mínimo de plantas recomendando, mas houve variações entre as cultivares. Na safra 2015/16, na semeadura de 01/09, apenas a cultivar de ciclo curto, apresentava estande recomendado, enquanto as demais uma média de 118 plantas m^2 (Fig. 1c). Já na segunda safra, na semeadura de 01/10, apenas a cultivar de ciclo médio atingiu o mínimo de estande recomendado, enquanto as demais 69 plantas m^2 (Fig. 1d). Ou seja, as épocas iniciais de semeadura (até início de outubro) requerem uma atenção dobrada sobre a quantidade de sementes a ser utilizada.

Para realizar a semeadura antecipada, deve-se investir em qualidade genética com sementes de alto vigor e tolerância ao frio na fase vegetativa, ou aumentar a densidade de semeadura nas épocas iniciais a fim de se obter o estande inicial desejado. Há poucas opções de cultivares geneticamente tolerantes ao frio. Cita-se a cultivar IRGA 426, lançada em 2011, a qual tem baixa adoção junto aos produtores gaúchos, pois não possui o gene de resistência as imidazolinonas (Cruz *et al.*, 2011) e mais recentemente, lançada em 2020, a Memby Porá Inta CL.

A duração das fases fenológicas para os diferentes ciclos de desenvolvimento demonstrou grande variabilidade entre os ciclos super precoce e tardio (Fig. 2), diferindo entre os anos, mas não entre as épocas.

A fase $EM-R_1$ é a mais longa, entre todos os materiais estudados. As cultivares de ciclo tardio são as plantas que demandam maior soma térmica para entrar na fase reprodutiva, e as de ciclo super precoce, a menor soma

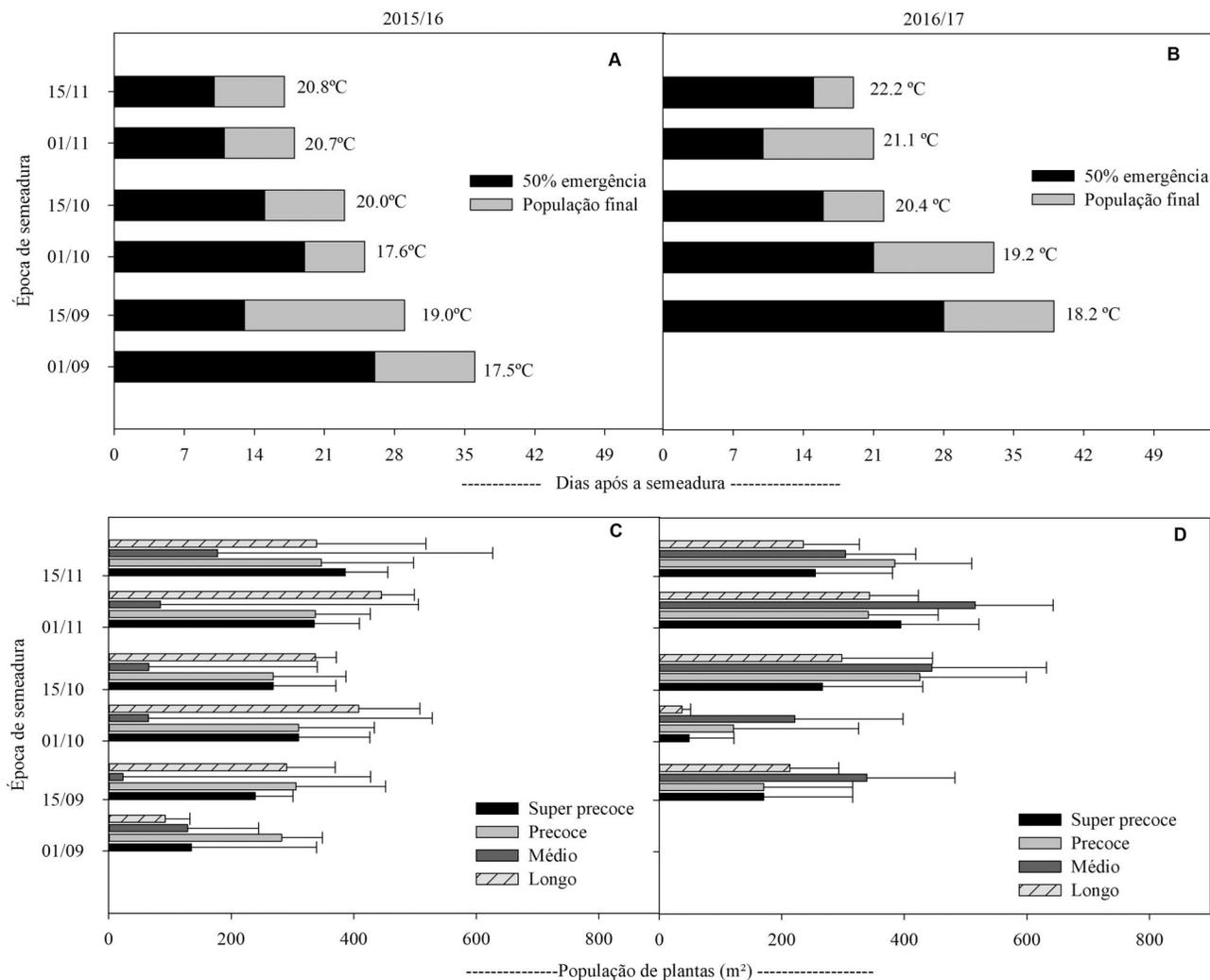


Figura 1 - Número de dias para a emergência de 50% das plantas e população final em diferentes épocas de semeadura, na safra 2015/16 (a) e 2016/17 (b), bem como a média da temperatura do ar durante o período da semeadura e emergência e a população final de plantas (m^2) em cada época de semeadura utilizando plantas de arroz com diferentes ciclos de desenvolvimento, na safra 2015/16 (c) e 2016/17 (d), em Cachoeira do Sul.

térmica. Na safra 2015/16 a fase EM-R₁ foram necessários 471,24 °C, 550,83 °C, 662,67 °C e 991,25 °C para super precoce, precoce, médio e tardio, respectivamente, enquanto na safra 2016/17 os valores foram de 511,32 °C, 722,30 °C, 835,62 °C e 1012,11 °C, seguindo a ordem dos ciclos. Steinmetz *et al.*, (2018) encontrou resultado semelhante, determinando que a fase EM-R₁ é a mais longa, sendo responsável por 54% do total do ciclo em cultivar tardia e 50% em médias e precoces. Além disso, a duração da fase reprodutiva R₁-R₉ é semelhante entre genótipos de ciclo precoce, médio e tardio (937 °C) comparado a 779 °C no ciclo super precoce, e assim como Streck *et al.*, (2006a) concluiu, as distinções acentuadas concentram-se na fase vegetativa.

Na safra 2016/17, os ciclos precoces e médios não apresentaram diferença significativa quanto à duração. Segundo Steinmetz *et al.*, (2018), a provável explicação

para a semelhança no número de graus-dias para atingir o estágio R₁ desses dois grupos é que as cultivares desses dois grupos tenham sido registradas pelos seus obtentores próximos aos limites inferior ou superior de duração dos ciclos.

As épocas com maiores produtividades para as duas regiões estudadas, nos três anos do estudo foi 15/09 a 01/10 para cultivares tardias, 01/10 a 15/10 para ciclo médio, 01/10 a 15/11 para precoce e 15/11 para super precoce (Fig. 3). Essa maior variação na época da cultivar precoce pode estar ligado a utilização de materiais diferentes entre os locais. Em todas as safras, a cultivar de ciclo médio foi a mais produtiva, na média das épocas, resultado diretamente ligado a grande estabilidade da cultivar IRGA 424, a qual é semeada em ambientes contrastantes e mantém seu potencial produtivo (Santos *et al.*, 2017). Porém, com exceção do material super precoce, os demais apresentam

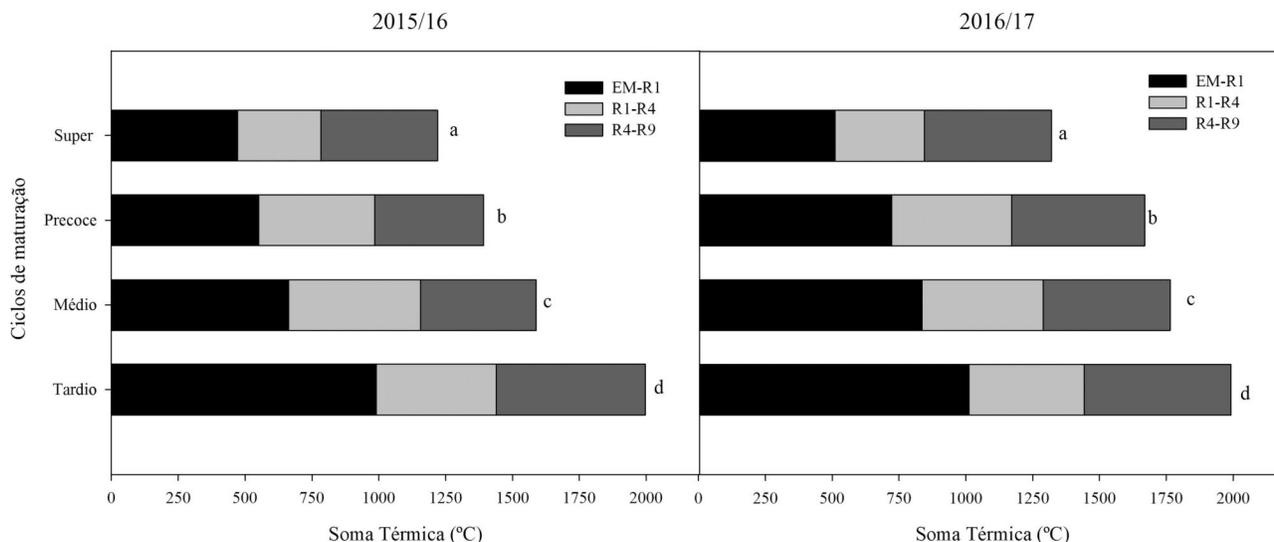


Figura 2 - Soma térmica necessária para atingir diferentes estádios fenológicos para cultivares de ciclo super precoce, precoce, médio e tardio nas safras 2015/16 e 2016/17. Cachoeira do Sul, RS, emergência-diferenciação da panícula (EM-R₁), diferenciação da panícula-floração (R₁-R₄); floração-maturação (R₄-R₉) segundo a escala de [Counce *et al.*, \(2000\)](#).

mesmo potencial produtivo ou maior quando posicionadas na sua época preferencial de semeadura. O material super precoce tende a ter menor produtividade visto o menor número final de folhas que permanecem fotossintetizando por tempo reduzido, devido ao encurtamento da fase EM-R₁ (Fig. 2). Sendo assim, a cultivar super precoce deve ser utilizada como alternativa ao escalonamento da semeadura e colheita, ou como opção a eventuais imprevistos causados por intempéries climáticas, não sendo recomendada quando o objetivo é atingir altas produtividades ([Debler *et al.*, 2007](#); [Streck *et al.*, 2006](#)).

Em todas as safras, Cachoeira do Sul apresentou maior produtividade, com média de 10.208, 10.492 e 9.456 kg ha⁻¹ para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17, respectivamente e a perda média diária para o atraso da

semeadura foi de 77 kg ha⁻¹ dia⁻¹. Em Santa Vitória do Palmar, as médias de produtividade foram de 7.439, 8.677 e 8.414 kg ha⁻¹ para os mesmos anos agrícolas e a perda média diária para o atraso da semeadura foi de 87 kg ha⁻¹ dia⁻¹, principalmente em função do material de ciclo tardio.

A maior produtividade em Cachoeira do Sul não se deve a maior oferta de radiação solar, visto que nas três safras, houve maior radiação na zona sul do que na região central, mas à maior temperatura mínima, máxima e média do ar (Tabela 1). As baixas temperaturas afetam o desenvolvimento do arroz durante todo o seu ciclo, desde os estágios iniciais, retardando a germinação e diminuindo o estande inicial de plantas ([Mertz *et al.*, 2009](#)) no período vegetativo, diminuindo o número de folhas ([Shi-](#)

Tabela 1 - Média dos três anos agrícolas, 2014/15, 2015/16 e 2016/17 sobre a temperatura média, mínima, máxima e radiação solar para Cachoeira do Sul (Local A) e Santa Vitória do Palmar (Local B).

| Meses | Local A | | Local B | | Local A | | Local B | |
|-------|------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| | Temperatura média (°C) | | Temperatura mínima (°C) | | Temperatura máxima (°C) | | Radiação solar (MJ/m ²) | |
| Set | 17,13 | 14,41 | 11,94 | 10,44 | 22,31 | 18,39 | 14,52 | 15,60 |
| Out | 20,17 | 16,92 | 15,31 | 13,18 | 25,02 | 20,66 | 16,11 | 18,36 |
| Nov | 21,78 | 18,77 | 16,13 | 13,89 | 27,44 | 23,64 | 21,18 | 23,50 |
| Dez | 24,16 | 21,72 | 18,96 | 16,62 | 29,35 | 26,82 | 19,98 | 24,53 |
| Jan | 25,39 | 23,19 | 20,30 | 18,36 | 30,48 | 28,01 | 21,52 | 25,10 |
| Fev | 25,42 | 23,72 | 20,46 | 19,20 | 30,38 | 28,32 | 20,92 | 22,54 |
| Mar | 22,99 | 21,28 | 17,81 | 16,51 | 28,18 | 25,92 | 17,43 | 18,01 |
| Abr | 20,81 | 18,95 | 15,82 | 14,40 | 25,80 | 23,40 | 12,84 | 12,48 |
| Mai | 16,55 | 15,40 | 12,43 | 11,20 | 20,67 | 19,57 | 8,96 | 9,52 |
| Média | 21,60 | 19,37 | 16,57 | 14,87 | 26,62 | 23,86 | 17,05 | 18,85 |

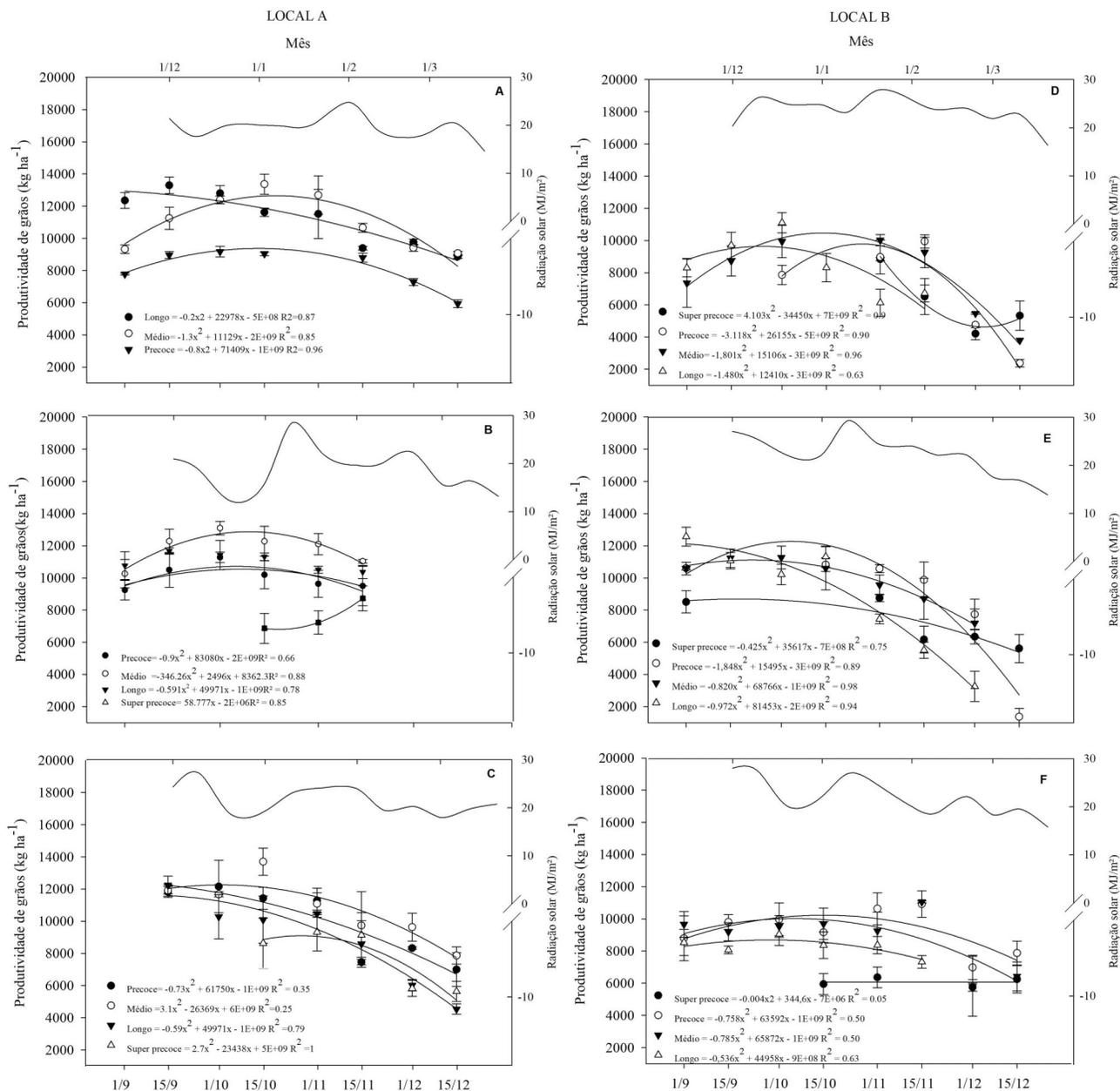


Figura 3 - Produtividade (kg ha^{-1}) radiação solar disponível (MJ/m^2), na média dos decêndios de dezembro a março (12/01 a 20/03) no período da floração das plantas de arroz para as safras 2014/15 (a) (d), safras 2015/16 (b) (e) e safras 2016/17 (c), (f) para Cachoeira do Sul (Local A) e Santa Vitória do Palmar (Local B) utilizando plantas de arroz com diferentes ciclos de desenvolvimento em oito épocas de semeadura.

mono *et al.*, 2007) até o período reprodutivo, pois reduz a produtividade por desacelerar o desenvolvimento reprodutivo e causar esterilidade das espiguetas (Farrell *et al.*, 2006). Segundo Rosso (2006), a duração do período de emergência a floração (R_4) é mais longa em Santa Vitória do Palmar, devido à ocorrência de temperaturas médias mais baixas durante o estágio vegetativo, o que expõe as plantas, por um tempo maior às condições estressantes podendo ocasionar até 40% de esterilidade dos grãos. Segundo o mesmo autor, Santa Vitória do Palmar é considerado um ambiente desfavorável para cultivares sensí-

veis ao frio. Apesar disso, na safra 2020/21, esse município foi o 2º maior produtor de arroz do RS, com média de produtividade de 9.178 kg ha^{-1} , fruto do uso de cultivares adaptadas ao ambiente como IRGA 424 RI (63% da área) e Guri Inta CL (21,5%), de alta estabilidade e adequado posicionamento, visto que 99,2% das lavouras foram semeadas até 30 de outubro de 2020 (IRGA, 2021), demonstrando que, mesmo em ambientes com limitações climáticas, o uso de informações para o posicionamento dos materiais corretos, permite aos produtores de arroz altas produtividades.

4. Conclusão

As épocas ideais de semeadura de arroz no Rio Grande do Sul variam conforme o ciclo da cultivar utilizada sendo 15/09 a 01/10 para cultivares tardias, 01/10 a 15/10 para ciclo médio, 01/10 a 15/11 para precoce e 15/11 para super precoce. Lavouras fora desse intervalo ocasionam perdas de 77 kg ha⁻¹ dia⁻¹ na região central e 87 kg ha⁻¹ dia⁻¹ na zona sul. Cultivares de ciclo médio, como IRGA 424 apresentam maior estabilidade produtiva independente da época de semeadura e região onde são cultivadas, mas materiais de outros ciclos apresentam mesmo potencial produtivo ou maior quando posicionadas na sua época preferencial de semeadura. Há diferenças de potencial produtivo entre as regiões orizícolas, e o fator dominante para a produtividade é a temperatura do ar, dentro de uma mesma época de semeadura.

Agradecimentos

Ao Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), pelo financiamento da pesquisa e aos funcionários das Estações Regionais de pesquisa pelo empenho na condução e coleta de dados.

Referências

- CARLI, C.D.E.; STEINMETZ, S.; STRECK, N.A.; MARCHE-SAN, E.; SILVA, M.R. Número de dias e de graus-dia entre a iniciação e a diferenciação da panícula em cultivares de arroz irrigado. *Ciência Rural*, v. 46, n. 3, p. 428-433, 2016. doi
- CERA, J. **Boletim informativo sobre a Radiação Solar no Rio Grande do Sul**. Disponível em <https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202103/11163321-radiacao-solar-na-safra-2020-2021.pdf>, acesso em 30 abr. 2021.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A Uniform, Objective, and Adaptive System for Expressing Rice Development. *Crop Science*, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000. doi
- CRUZ, R.P.; ROSSO, A.F.; CARMONA, P.S.; AVOZANI, O.A.; KEMPF, D.; *et al.* IRGA 426: Adaptação, produtividade e qualidade de grãos para as regiões mais frias do RS. In: **VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, Balneário Camboriú, p. 32-34, 2011.
- DEIBLER, A.N.; CAMPOS, C.R.J.; SILVA, J.B.; STEINMETZ, S. Análise de parâmetros meteorológicos de ensaios de épocas de semeadura de arroz irrigado em Cachoeirinha, RS. *Revista Científica Rural*, v. 12, n. 2, p. 106-112, 2007.
- FARRELL, T.C.; FOX, K.M.; WILLIAMS, R.L.; FUKAI, S. Genotypic variation for cold tolerance during reproductive development in rice: Screening with cold air and cold water. *Field Crops Research*, v. 98, n. 2-3, p. 178-194, 2006. doi
- GROHS, M. *et al.* Participação da genética e do manejo cultural no aumento da produtividade do arroz irrigado. In: **XI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, Balneário Camboriú, p. 1-4, 2019.
- INFELD, J.A.; SILVA, J.B. DA; ASSIS, F.N. DE. Temperatura-base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 6, n. 2, p. 187-191, 1998.
- INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Safras**. Disponível em <https://irga.rs.gov.br/safras.html>, acesso em 30 de abr. 2021.
- MENEZES, V.G.; ANAHINONI, I.; SILVA, P.R.F. DA; MACEDO, V.R.M.; PETRY, C.; *et al.* **Projeto 10- estratégias de manejo para aumento da produtividade e da sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do RS: Avanços e novos desafios**. Cachoeirinha: IRGA, 2012.
- MERTZ, L.M.; HENNING, F.A.; SOARES, R.C.; BALDIGA, R.F.; PESKE, F.B.; MORAES, D.M. DE. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 2, p. 262-270, 2009. doi
- ROSSO, A.F. **Caracterização genética e fenotípica para tolerância ao frio e características agronômicas em arroz irrigado**. Doutorado em Fitotecnia, Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas, 112 p., 2006.
- SANTOS, H.G. DOS S.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. DOS; OLIVEIRA, V.A. DE; LUMBRERAS, J.F.; *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.
- SANTOS, M.P. DOS; ZANON JUNIOR, A.; CUADRA, S.V.; STEINMETZ, S.; CASTRO, J.R. DE; *et al.* Yield and morphophysiological indices of irrigated rice genotypes in contrasting ecosystems. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 47, n. 3, p. 253-264, 2017. doi
- SHIMONO, H.; OKADA, M.; KANDA, E.; ARAKAWA, I. Low temperature-induced sterility in rice: Evidence for the effects of temperature before panicle initiation. *Field Crops Research*, v. 101, n. 2, p. 221-231, 2007. doi
- SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Farroupilha: SOSBAI, 2018.
- STANSEL, J.W. The rice plant - its development and yield. In: **Six decades of rice research in Texas**. Beaumont: Texas A&M University System, p. 9-21, 1975.
- STEINMETZ, S.; CUADRA, S.V.; ALMEIDA, I.R. DE; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. DE; FAGUNDES, P.R.R. Soma térmica e estádios de desenvolvimento da planta de grupos de cultivares de arroz irrigado. *Agrometeoros*, v. 25, 2018.
- STEINMETZ, S.; DEIBLER, A.N.; SILVA, J.B. DA. Estimativa da produtividade de arroz irrigado em função da radiação solar global e da temperatura mínima do ar. *Ciência Rural*, v. 43, n. 2, p. 206-211, 2013. doi
- STRECK, N.A.; BOSCO, L.C.; MICHELON, S.; ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; *et al.* Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. *Bragantia*, v. 65, n. 4, p. 533-541, 2006a. doi
- STRECK, N.A.; BOSCO, L.C.; MICHELON, S.; WALTER, L.C.; MARCOLIN, E. Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal. *Ciência Rural*, v. 36, n. 4, p. 1086-1093, 2006b. doi

YOSHIDA, S. Climatic environment and its influence. In: **Fundamentals of rice crops** science. Los Baños: International Rice Research Institute, p. 65-110, 1981.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (type CC-BY), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original article is properly cited.