

QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS DE ARROZ DECORRENTE DA SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO E UMIDADE DE COLHEITA

GUILHERME PILAR LONDERO¹; ENIO MARCHESAN²; EVANDRO PARISOTTO³; LUCAS LOPES COELHO⁴, BRUNO BEHENCK ARAMBURU⁴; CAMILLE SOARES FLORES⁴ E ANELISE LENCINA DA SILVA⁴

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria/RS, e-mail: guilhermelondero@msn.com;

² Professor Titular do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria/RS, e-mail: eniomarchesan@gmail.com;

³ Desenvolvimento de Mercado, Ricetec Sementes Ltda., Rua 18 de novembro nº 341, 90240-040, Porto Alegre/RS, e-mail: eparisotto@ricetec-sa.com.

⁴ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria/RS, e-mails: lucas_l_c@hotmail.com; bruno.behenck@gmail.com; camille-flores@hotmail.com; anelise_lencina@yahoo.com.br.

1 RESUMO

A qualidade dos grãos do arroz irrigado é fator fundamental para sua comercialização. Neste sentido, objetivou-se avaliar, com a realização do presente estudo, a qualidade industrial de grãos de dois cultivares de arroz irrigado em função de épocas de supressão da irrigação e graus de umidade à colheita. O experimento foi realizado nas safras 2011/12 e 2012/13 na área didático experimental de várzea da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Os tratamentos foram compostos de: dois cultivares: o híbrido INOV CL e o cultivar Puitá INTA CL; quatro épocas de supressão da irrigação: 5, 15, 25 e 35 dias após a antese (DAA); e cinco graus de umidade média dos grãos na colheita: 24, 22, 20, 18 e 16%. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições por tratamento. O cultivar Puitá INTA CL apresenta superior qualidade em relação a grãos inteiros, vítreos, gessados e opacos ao híbrido INOV CL. A umidade adequada dos grãos à colheita para ambos cultivares ocorre no intervalo de 24 a 20%. A supressão de irrigação não interfere na qualidade de grãos inteiros, vítreos, opacos e gessados.

Palavras-Chave: beneficiamento; grão inteiro; grão gessado; grão opaco; *Oryza sativa* L.

LONDERO, G. P.¹; MARCHESAN, E.²; PARISOTTO, E.³; COELHO, L. L.⁴; ARAMBURU, B. B.⁴; FLORES, C. S.⁴; da SILVA, A. L. ⁴
INDUSTRIAL QUALITY OF RICE GRAINS ARISING FROM THE WITHHOLDING OF IRRIGATION AND HARVEST MOISTURE

2 ABSTRACT

Quality of irrigated rice grains is critical for their marketing. In this context, the study aimed to evaluate the industrial quality of two irrigated rice cultivars as a function of two times of irrigation withholding, and moisture content at harvest. The experiment was conducted during the 2011/12 and 2012/13 seasons in the experimental floodplain of the Federal

University of Santa Maria, Rio Grande do Sul state, Brazil. The treatments consisted of two cultivars: hybrid INOV CL and Puitá INTA CL ; four irrigation withholding times: 5, 15, 25 and 35 days after anthesis (DAA); and five levels of mean grain moisture at harvest; 24, 22, 20, 18 and 16 %. The experimental design was randomized blocks with four replicates per treatment. The cv. Puitá INTA CL presented higher quality concerning milling, translucency, opacity and chalky grains than the cv. hybrid INOV CL. Suitable moisture content of grains at harvest for both cultivars is at the range of 24 to 20%. Irrigation withholding did not affect milling quality, translucency, opacity and chalky grains.

Keywords: Processing, milling quality, chalky grain, opacity, *Oryza sativa*.

3 INTRODUÇÃO

O rendimento de grãos inteiros na cultura do arroz é influenciado por fatores inerentes a genética do cultivar, condições de cultivo, momento de colheita e processos mecânicos de beneficiamento (JONGKAEWWATTANA; GENG, 2001). Por sua vez, a qualidade do grão do arroz é fator fundamental para sua comercialização, visto que grãos inteiros e sem defeito possuem maior valor de mercado (CANELLAS; SANTOS; MARCHEZAN, 1997).

O momento de realizar a colheita na lavoura de arroz é determinado em função da umidade dos grãos. Valores de umidade inadequados podem depreciar a qualidade do produto, logo a definição da época de colheita torna-se prática indispensável, obtendo-se assim, grãos de qualidade para comercialização.

Recomendações da pesquisa para a cultura preconizam a colheita dos grãos de arroz com umidade entre 24 e 20% (SOSBAI, 2012). A colheita tardia ocasiona degrane natural, além de perdas por acamamento, ataque de pragas e redução no rendimento de grãos inteiros (RIBEIRO et al., 2004). Por sua vez, a colheita antecipada pode acarretar em elevada ocorrência de grãos verdes, gessados e mal formados, sendo mais suscetíveis à quebra (CAPURRO et al., 2012).

O gesso é a parte opaca do endosperma do arroz. Estudos mostraram que isso ocorre devido a um distúrbio no arranjo de moléculas de amido e proteínas, ficando frouxamente organizadas e tendo o espaço entre moléculas preenchido com ar (SHEN, 2000). Isto faz com que o grão gessado seja facilmente quebrado quando beneficiado (LIU et al., 2009). A degradação de qualidade do grão, como anomalias na morfologia e coloração, ocorre com frequência em arroz, devido às temperaturas elevadas durante o período de maturação (YOSHIOKA et al., 2007). Embora a transparência final e a área gessada sejam determinadas principalmente pelos fotoassimilados acumuladas durante todo o período de desenvolvimento, depende de efeitos genéticos atuantes no período de enchimento de grão para que os fotoassimilados sejam acumulados até então.

Em muitas circunstâncias, a disponibilidade de água para o cultivo do arroz é limitante, principalmente no terço final do ciclo da cultura. A época de supressão da irrigação da lavoura pode se tornar uma alternativa para amenizar esse problema, porém, pode prejudicar a qualidade industrial dos grãos de arroz (CRUSCIOL et al., 2003; FOFANA et al., 2010), visto que uma supressão antecipada pode gerar déficit hídrico e reduzir rapidamente o teor de água nos grãos que, aliada a uma colheita tardia, pode ocasionar problemas de quebra do grão (MARCHEZAN; GODOY; FILHO, 1993).

Dessa forma, objetivou-se com a realização do presente avaliar a qualidade industrial dos grãos em dois cultivares de arroz irrigado, em duas safras agrícolas, decorrentes de

diferentes épocas de supressão da irrigação e graus de umidade no momento da colheita.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos distintos nas safras agrícolas de 2011/12 e 2012/13, ambos na área didático experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29°43'S, longitude: 53°48'W e altitude: 95m). O solo do local é classificado como Planossolo Háplico eutrófico arênico pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (EMBRAPA, 2006), com as seguintes características: pH água (1:1) = 4,8; P = 9,3 mg dm⁻³; K = 68 mg dm⁻³; argila = 25%; M.O. = 2,5%; Ca = 5,0 cmolc dm⁻³; Mg = 2,2 cmolc dm⁻³; Al = 0,9 cmolc dm⁻³; saturação de Al = 10,8%; saturação de base = 49,1% e índice SMP = 5,5.

Instalou-se o primeiro experimento na safra 2011/12 seguindo o delineamento experimental blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x4x4 com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por dois cultivares de arroz irrigado: Puitá INTA CL e o cultivar híbrido INOV CL; o segundo fator foi composto por quatro épocas de supressão de irrigação: 5, 15, 25 e 35 dias após a antese (DAA); o terceiro fator foi composto por diferentes graus de umidade de colheita: 24, 22, 20 e 16%.

Para a safra 2012/13 houve uma modificação no terceiro fator, onde incluiu-se o grau de umidade de 18%.

O sistema de cultivo utilizado foi o convencional sendo a semeadura realizada no dia 15 de outubro, com densidade de 300 plantas m⁻² para o cultivar Puitá INTA CL e 120 plantas m⁻² para INOV CL. A semeadura foi mecanizada, utilizando semeadora contendo nove linhas e espaçamento de 0,17 m entre linhas. Os demais tratos foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para o arroz irrigado (SOSBAI, 2012).

O manejo de irrigação utilizado foi o intermitente onde as parcelas foram irrigadas até formar uma lâmina de água de nove centímetros de altura. Posteriormente eram deixadas evapotranspirar até aproximadamente dois centímetros de lâmina de água, sendo repetida a irrigação durante o ciclo da cultura conforme a demanda.

Os valores de radiação solar global, precipitação pluvial e temperatura do ar foram obtidos da estação meteorológica automática e os valores de evaporação foram obtidos pelo tanque Classe A da estação meteorológica convencional do 8° DISME/INMET, localizado no Departamento de Fitotecnia da UFSM, a aproximadamente 500 m do experimento.

As parcelas que foram submetidas à supressão da irrigação não acumulavam mais água da chuva em seu interior, de maneira que elevasse a lâmina de água existente. Para isso, foram construídos drenos nas taipas das parcelas na altura da lâmina de água e a mesma era monitorada diariamente. Conforme a lâmina de água reduzia naturalmente, os drenos eram aprofundados para que, se houvesse chuva, não elevasse a lâmina de água dentro da parcela.

Em cada experimento, avaliou-se a porcentagem de grãos inteiros, vítreos, opacos e gessados, por meio do analisador estatístico de arroz chamado S-21. O S-21 é um scanner de grãos com um computador acoplado a um sistema digital de captura de imagens (SDCI) e um software de análise desenvolvido para este fim. O SDCI possui calibradores que padronizam as análises de medida do grão e brancura. As imagens dos grãos de arroz são enviadas ao software de análise, que os analisa individualmente. Após este processo, o programa calcula resultados estatísticos e dá ao operador diversos dados de toda amostra de acordo com a programação dos intervalos de qualidade.

Foram considerados grãos inteiros aqueles que apresentaram comprimento igual ou superior a 3/4 do comprimento mínimo da classe à qual predomina, que é de 6 mm; grãos vítreos aqueles que apresentaram menos de 25% de área gessada; grãos opacos aqueles que apresentaram mais de 25% de área gessada e grãos gessados aqueles que apresentaram de 50 a 100% de área gessada.

Os parâmetros avaliados em cada experimento foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo estatístico. A análise da variância foi realizada aplicando o teste F e as médias dos fatores quantitativos submetidas à análise de regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático para cada experimento separadamente. Para as figuras foi representado o intervalo de confiança $p \leq 0,05$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cultivar Puitá INTA CL apresentou médias superiores de grãos inteiros em relação ao cultivar híbrido INOV CL, nas safras 2011/12 (Figura 1A e 1B) e 2012/13 (Figura 2A e 2B), com 21% e 4%, respectivamente.

Os resultados corroboram com o trabalho de Blanche et al. (2009) que, ao avaliarem o efeito genotípico e ambiental entre 15 cultivares convencionais e híbridas, mostram que o rendimento de grãos inteiros de híbridos é inferior em relação aos cultivares convencionais.

Isto pode estar ligado ao tamanho da panícula de cada cultivar, uma vez que cultivares híbridos possuem uma panícula maior, o que causa maiores dificuldades no momento do enchimento de grãos e na uniformidade das características de qualidade como grãos inteiros e grãos gessados em uma panícula. Isso acontece porque o tempo necessário para se realizar o enchimento é maior nesse tipo de cultivar. (YANG; ZHANG, 2010; WANG; CHENG, 2004; DONG et al., 2008).

Figura 1. Porcentagem de grãos inteiros e grãos vítreos para INOV CL (A e C) e Puitá INTA CL (B e D) de acordo com diferentes umidades de colheita (%) para a safra 2011/12. Santa Maria, RS. 2013.

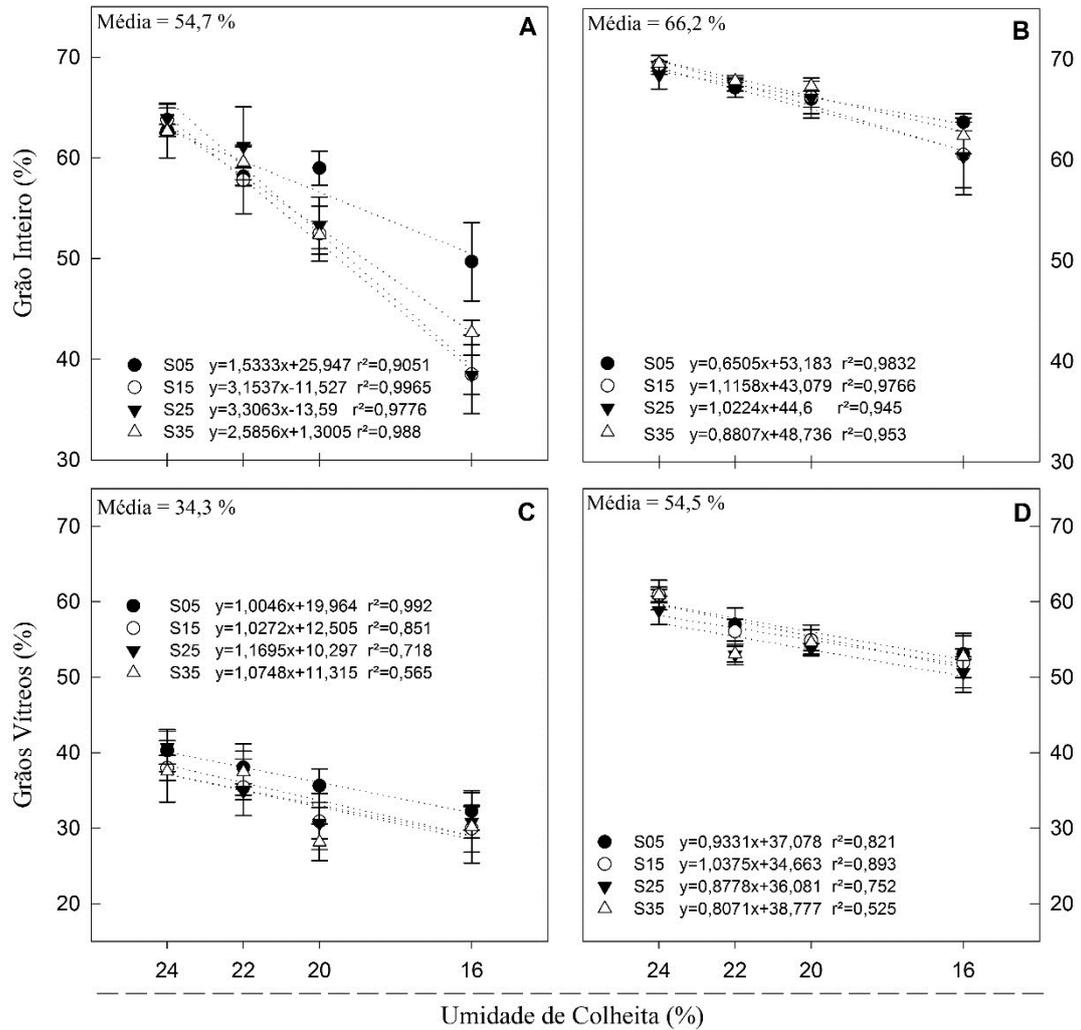
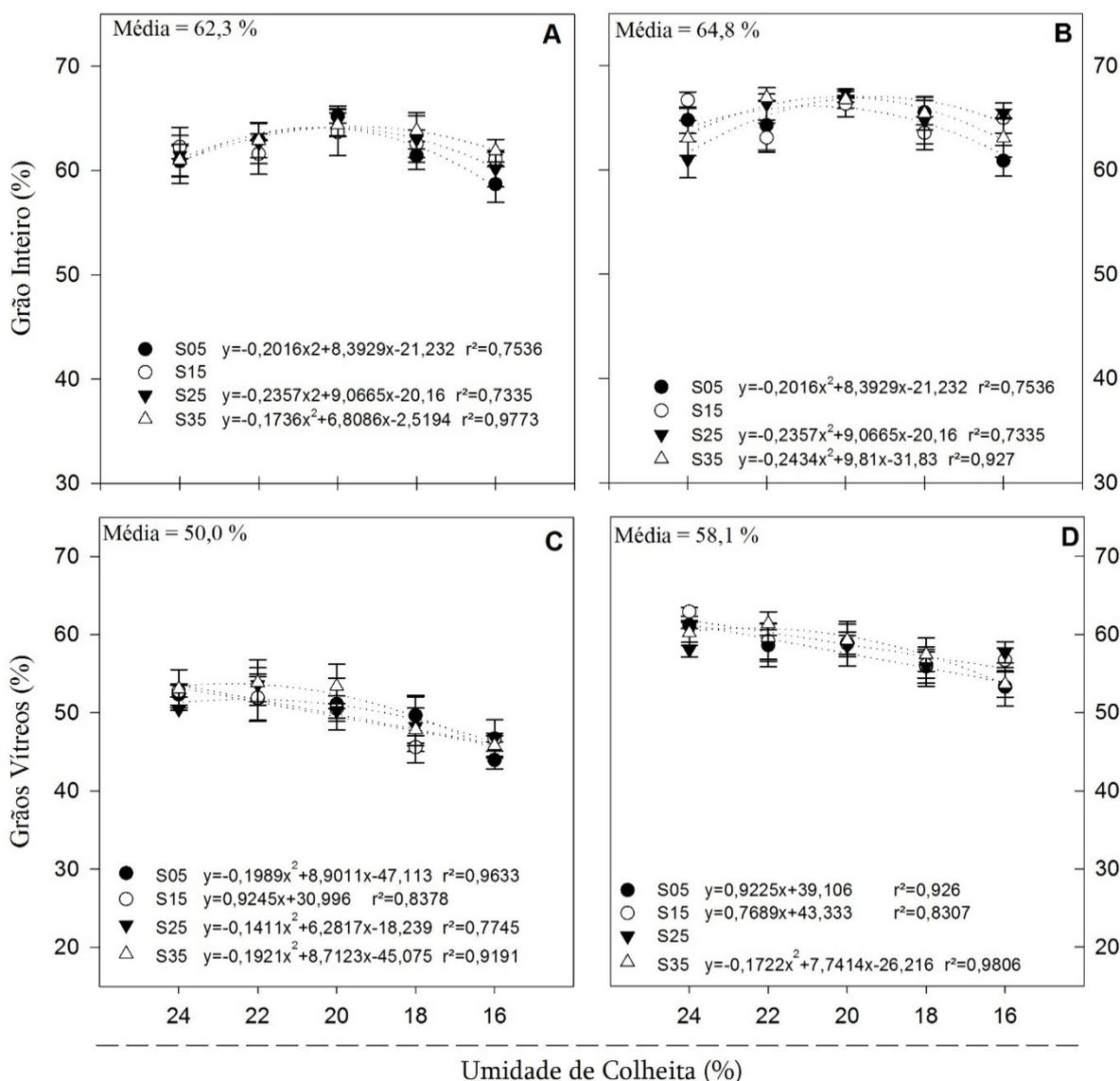


Figura 2. Porcentagem de grão inteiro e grãos vítreos para INOV CL (A e C) e Puitá INTA CL (B e D) de acordo com diferente umidades de colheita (%) para a safra 2012/13. Santa Maria, RS. 2013.



Consequentemente, o comprimento da panícula poderia fornecer um índice de seleção útil para o melhoramento visando um aumento de rendimento de grãos inteiros (JONGKAEWWATTANA; GENG, 2002).

Para a safra 2011/12, umidades de colheita de 24 e 22% proporcionaram maiores rendimentos de grãos inteiros para o Puitá (Figura 1B) e somente a umidade de 24% para o INOV (Figura 1A). Já na safra 2012/13 (Figuras 2A e 2B), a umidade de colheita de 20% proporcionou melhor rendimento de grãos inteiros para ambos os cultivares.

Os resultados estão de acordo com o trabalho de Teló et al. (2011), que mostram decréscimo de grãos inteiros quando realizada a colheita abaixo de 20% de umidade de grãos para os cultivares BR-IRGA 409, IRGA 417, IRGA 422CL e IRGA 423, sendo que as recomendações da pesquisa para a cultura preconizam a colheita dos grãos de arroz entre 24 e 20% de umidade (SOSBAI, 2012).

Isso mostra que o rendimento de grãos inteiros é influenciado por diferentes fatores como a genética do cultivar, as condições ambientais em que a planta é cultivada e o momento de colheita (JONGKAEWWATTANA; GENG, 2001).

A qualidade é influenciada principalmente pelo comportamento higroscópico dos grãos (MARCHEZAN; GODOY; FILHO, 1993) que, ao passarem mais tempo na lavoura estão sujeitos a variações de perda e absorção de água, o que faz com que se formem fissuras.

Grãos colhidos com baixo teor de umidade podem sofrer fissuras no campo, acarretando na quebra no momento do beneficiamento (SMIDERLE; PEREIRA, 2008). Tal fato foi evidenciado no presente trabalho, onde menores valores de rendimento de grãos foram observados quando realizou-se a colheita com 16% de umidade, para ambas as safras agrícolas.

Na segunda safra ocorreu aumento de 13% do total de grãos inteiros em relação à primeira safra, para INOV CL. Já para Puitá INTA CL não se observou diferença entre safras.

Além das condições de colheita, diferentes manejos incluindo época de semeadura, irrigação, fertilidade e seleção de cultivares podem afetar a qualidade e rendimento de grãos inteiros do arroz (GHOSH et al., 2004; TSAI et al., 2001). No entanto, pesquisas recentes sugerem que a temperatura ambiente do ar, especificamente a temperatura noturna do ar durante o enchimento de grãos afeta drasticamente a qualidade e rendimento de grãos inteiros (SIEBENMORGEN; GRIGG; LANNING, 2013).

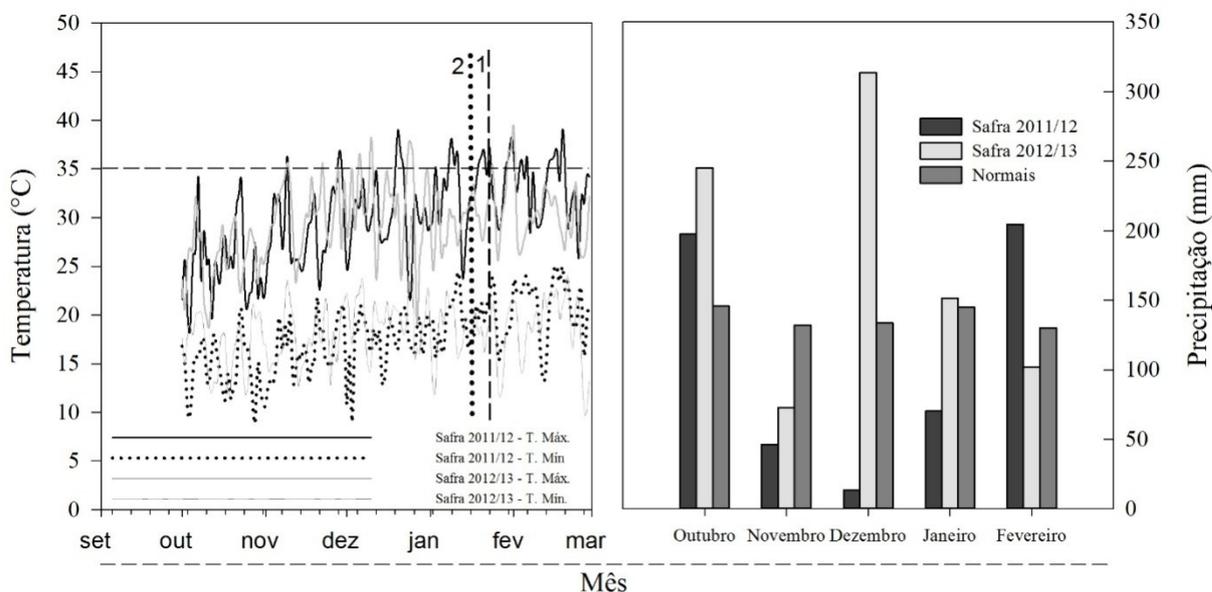
Observou-se que a temperatura média do ar durante o enchimento de grãos foi maior na safra 2011/12 (Figura 3). Estudos de Lyman et al. (2013) mostram que o aumento de 1°C na temperatura na fase de enchimento podem reduzir até 13,8% os grãos inteiros.

Durante a fase de enchimento e maturação dos grãos, a temperatura média máxima diária (T. máx.) foi de 32,97°C e a temperatura média mínima diária (T. mín.) foi de 21,11°C para a safra 2011/12 (Figura 3). Para a safra seguinte, a T. máx. no mesmo período foi de 29,87°C e a T. mín. foi de 19,08°C.

A primeira safra apresentou temperaturas mais elevadas durante a fase de enchimento e também uma amplitude térmica média maior, podendo ser a causa das menores médias de grãos inteiros para INOV CL. Para Siebernmorgen et al. (2013), o excesso de precipitação durante a fase de enchimento e maturação de grãos pode contribuir para a redução de grãos inteiros.

Durante a fase de enchimento e maturação na safra 2011/12 a precipitação foi de aproximadamente 204,6 mm, sendo 102,2 mm na safra seguinte no mesmo período (Figura 3). Chuvas na fase de maturação fazem com que os grãos absorvam água bruscamente, acarretando na formação de fissuras.

Figura 3. Temperatura máxima e mínima do ar, precipitação pluvial durante os meses de outubro a fevereiro nas safras 2011/12 e 2012/13. Na figura da esquerda, os números 1 e 2 indicam as datas em que ocorreu a floração plena: 1 = floração ocorrida em 23/01/12; 2= floração ocorrida em 16/01/13, para as safras 2011/12 e 2012/13, respectivamente. Santa Maria, RS. 2013.



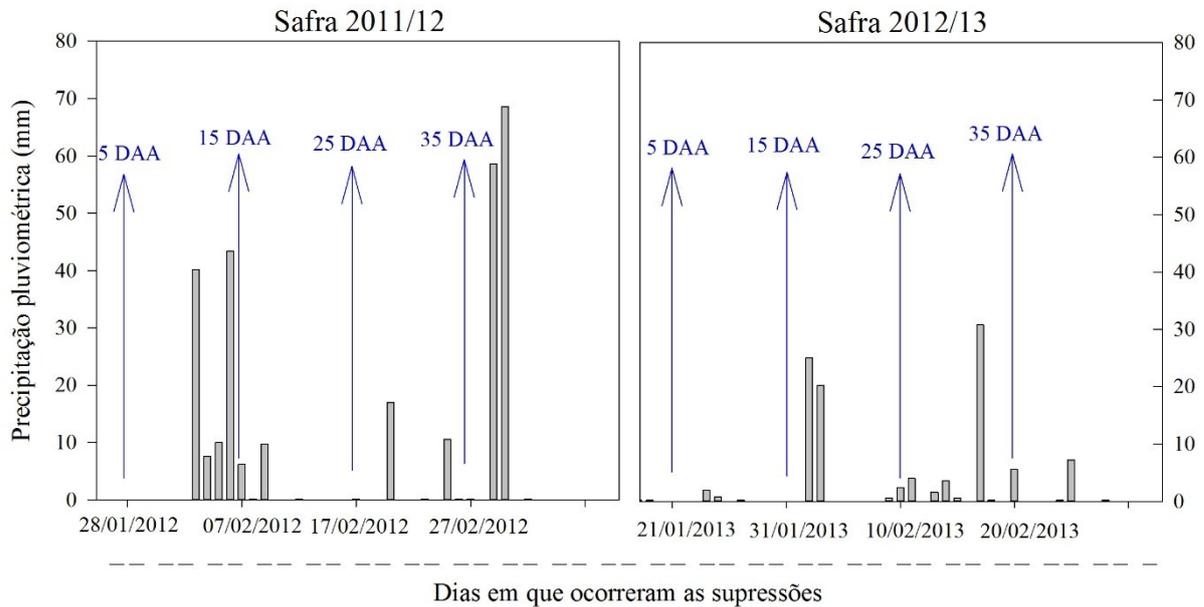
A precipitação pluvial da primeira safra após a supressão aos 5 DAA foi distribuída em 17 dias, sendo que, ao final da fase de maturação ocorreram precipitações acima de 50 mm em dois dias (Figura 4A). Na segunda safra a precipitação foi distribuída em 11 dias após o início da supressão aos 5 DAA, com dois dias de precipitação ao final da fase de maturação com menos de 10 mm cada dia (Figura 4B).

A perda e absorção de água pelos grãos de arroz foi superior na primeira safra devido ao número de dias em que ocorreu precipitação, levando a maior redução na quantidade de grãos inteiros em relação à safra seguinte.

Com relação à supressão antecipada da irrigação, não foi possível observar efeito significativo para os rendimentos de grãos inteiros para os dois cultivares durante as duas safras (Figura 1A, 1C, 2A e 2C). Estes resultados podem estar associados à ocorrência de chuvas durante o período de enchimento e maturação dos grãos (Figura 4). Estas chuvas podem ter contribuído para que os cultivares não sofressem estresse por déficit hídrico.

Uma vez que, um possível déficit hídrico nesta fase poderia causar redução na produtividade (PRABA et al., 2009), e uma irrigação deficiente poderia causar redução de grãos inteiros (HUANG et al., 2008) no entanto o efeito do estresse neste período pode variar com as características genóticas de cada cultivar (ROSHAN et al., 2013).

Figura 4. Precipitação pluvial em dias durante o período após a realização da primeira época de supressão antecipada de irrigação, nas safras 2011/12 e 2012/13. Santa Maria, RS. 2013.



Os resultados obtidos para grãos vítreos encontram-se nas Figuras 1 (C e D) e 2 (C e D). Para grãos opacos e gessados, encontram-se nas Figuras 5 e 6.

Da safra 2011/12 para a safra 2012/13 houve aumento de grãos vítreos para os dois cultivares: 6,6% para Puitá INTA CL e, 45,5% para INOV CL. Em contrapartida, os grãos opacos e gessados reduziram da primeira para a segunda safra. Os grãos opacos reduziram 22% para Puitá INTA CL e 38% para INOV CL e, os grãos gessados apresentaram queda em torno de 49% para INOV CL e manteve-se médias parecidas para Puitá INTA CL.

A formação do gesso no grão do arroz está diretamente ligada às altas temperaturas durante o enchimento de grãos (YOSHIOKA et al., 2007), ou a uma colheita realizada de forma antecipada, quando os grãos encontram-se em formação, com umidade acima de 26% (SOFIATTI et al., 2006).

Um estresse por alta temperatura durante a fase de enchimento resulta na redução da atividade enzimática relacionada com o enchimento do grão, reduz o peso dos grãos, o acúmulo de amilose, o consumo de fotoassimilados produzidos e interfere no balanço hídrico (LI et al., 2011; DONG et al., 2011). Dentre essas desordens fisiológicas, o gesso é um dos maiores problemas do cultivo do arroz, pois é um dos principais fatores na determinação da qualidade e preço do arroz (ZHOU et al., 2009).

Como foi possível observar, a temperatura máxima e amplitude na safra 2011/12 foi maior que na safra seguinte (Figura 3), sendo que a redução da temperatura na fase de enchimento na segunda safra pode ter colaborado para a redução de grãos opacos e gessados e para o aumento de grãos vítreos.

Figura 5. Porcentagem de grãos opacos e grãos gessados para INOV CL (A e C) e Puitá INTA CL (B e D) de acordo com diferentes umidades de colheita (%) para a safra 2011/12. Santa Maria, RS. 2013.

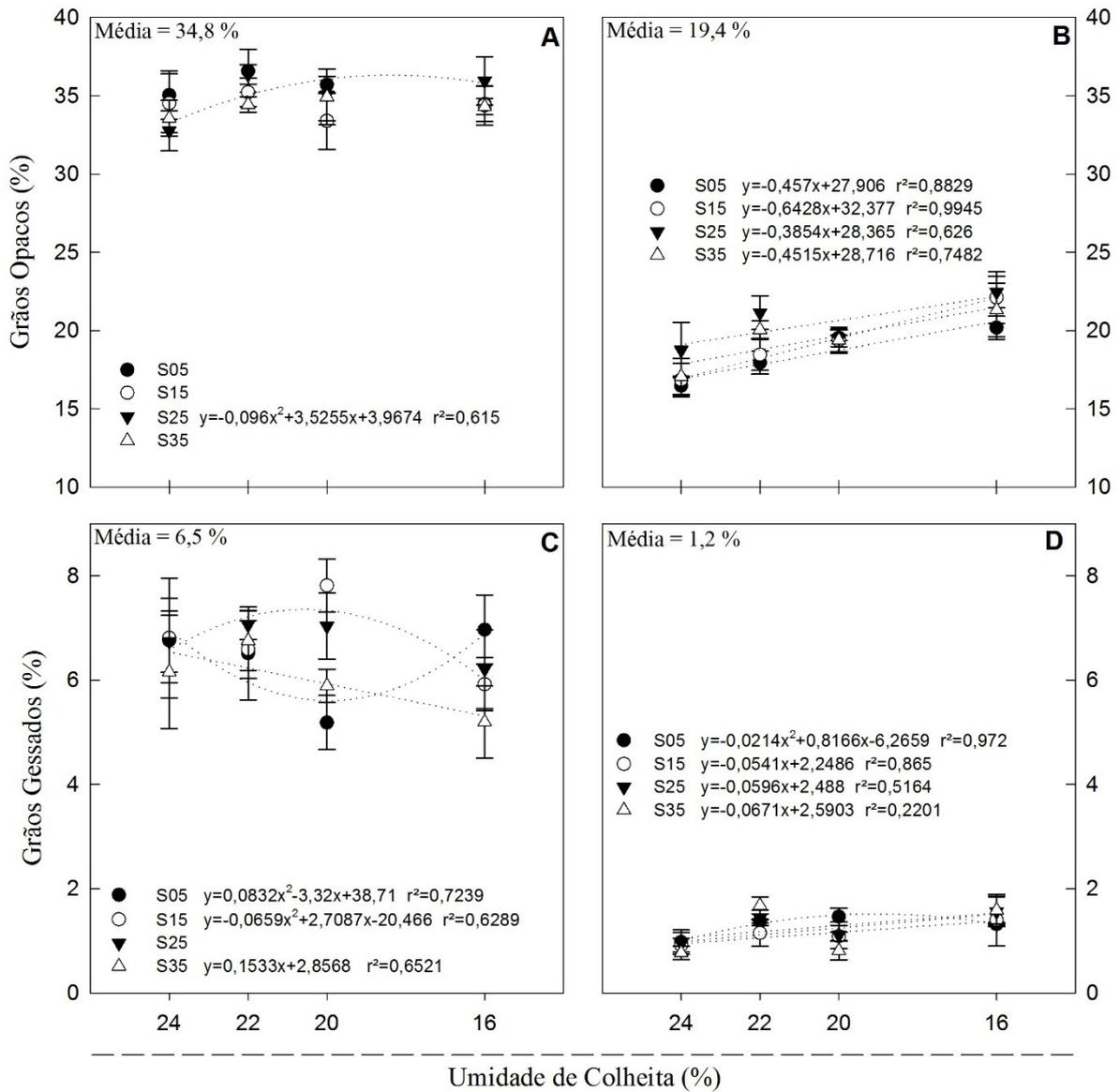
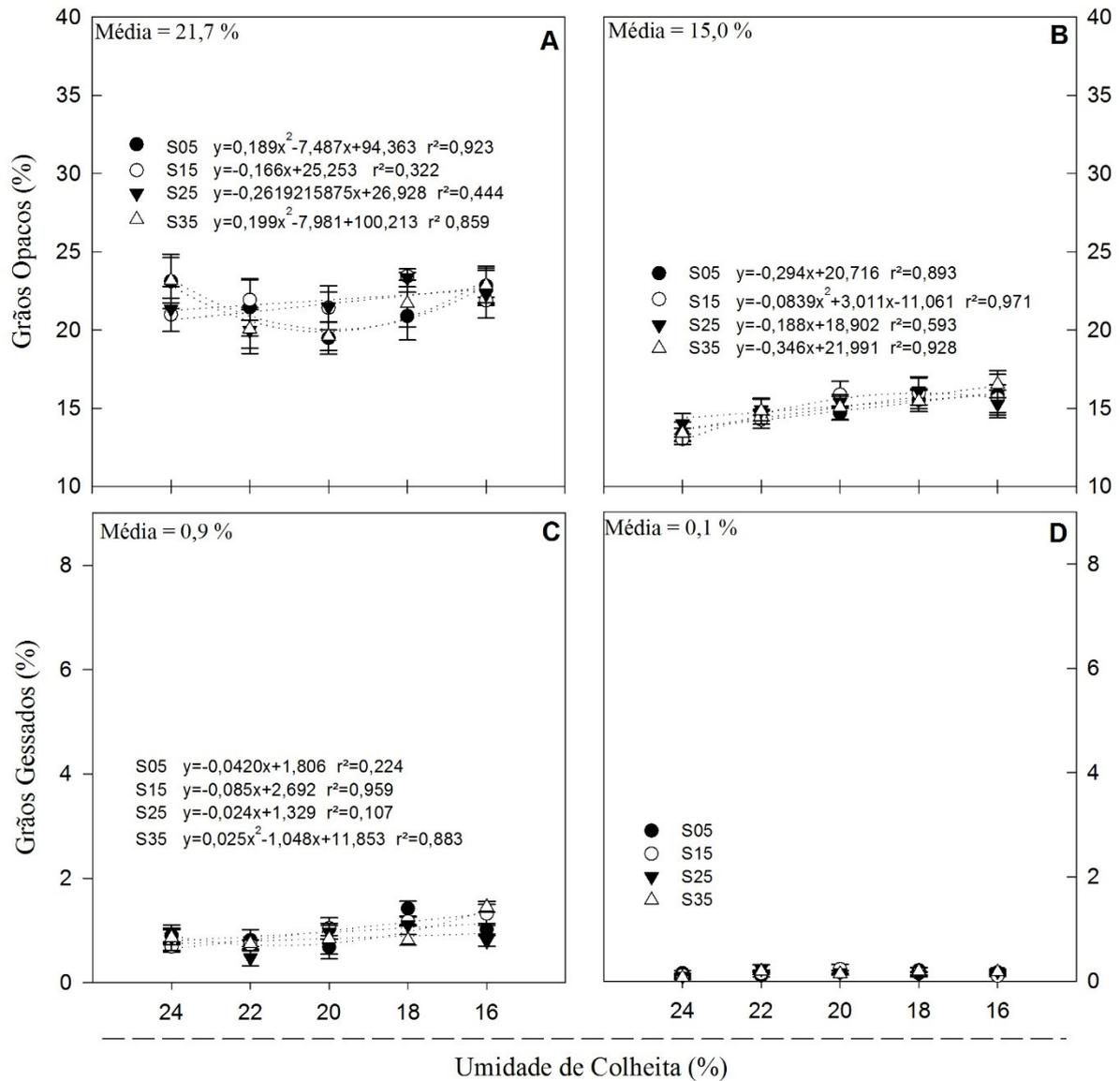


Figura 6. Porcentagem de grãos opacos e grãos gessados para INOV CL (A e C) e Puitá INTA CL (B e D) de acordo com diferentes umidades de colheita (%) para a safra 2012/13. Santa Maria, RS. 2013.



A transparência final e a área gessada são determinadas principalmente pelos fotoassimilados acumulados durante todo o período de desenvolvimento. No entanto, existe a dependência de efeitos genéticos para que os fotoassimilados sejam acumulados na fase de enchimento (SHI et al., 2002). Esta questão genética pode ser observada quando compara-se os resultados de um cultivar com o outro. Puitá INTA CL apresentou médias superiores de grãos vítreos que o INOV CL nas duas safras, e o cultivar híbrido apresentou maiores médias de grãos opacos (diferença de 79% para safra 2011/12 e de 44% para a safra 2012/13) e gessados (média 11 vezes maior em 2011/12 e 6 vezes na safra seguinte) que o cultivar convencional nas duas safras.

Os resultados corroboraram com os obtidos por Lang et al. (2012), onde observaram que as porcentagens de grãos opacos e gessados para o híbrido Liangyoupeijiu foram 58% e 45% maiores que os valores encontrados para um cultivar convencional CY-6, na China.

A umidade de colheita não afetou significativamente o número de grãos vítreos (Figuras 1C, 1D, 2C e 2D), opacos e gessados para os dois cultivares, nas duas safras (Figuras 5 e 6). Também não foi observado efeito da supressão antecipada da irrigação para grãos vítreos e opacos e gessados para os dois cultivares e nos dois anos agrícolas. Praba et al. (2009) destacam que a supressão de irrigação na fase de enchimento pode prejudicar o arroz em formação, mas o efeito do estresse neste período varia de acordo com as características genotípicas de cada cultivar. Isso não foi observado nas duas safras, possivelmente porque o estresse que a planta sofreu não foi o suficiente para promover alterações nos percentuais de grãos vítreos, opacos e gessados.

6 CONCLUSÃO

O cultivar Puitá INTA CL apresenta melhor qualidade em relação à grãos inteiros, vítreos, gessados e opacos que o híbrido INOV CL

A melhor umidade de colheita é de 24 a 20% de umidade para ambos cultivares.

A supressão de irrigação não interfere na qualidade de grãos inteiros, vítreos, opacos e gessados, tendo em conta a ausência de estresse hídrico devido à presença de chuvas durante a supressão, sendo uma alternativa de redução de uso de água sem desvalorizar o arroz no momento de comercialização.

7 AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa para o segundo autor. À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao terceiro autor. Ao CNPq e à FAPERGS, pelo auxílio financeiro para realização da pesquisa.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANCHE, S. B.; UTOMO, H.; WENEFRIDA, I.; MYERS, G. O. Genotype x environment interactions of hybrid and varietal rice cultivars for grain yield and milling quality. **Crop Science**, Madison, v. 49, n. 6, p. 2011-2018, 2009.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; MARCHEZAN, E. Efeito de práticas de manejo sobre o rendimento de grãos e a qualidade industrial dos grãos em arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 375-379, 1997.

CAPURRO, M. C.; ROEL, A.; MARTÍNEZ, S.; MARTÍNEZ, M.; FONSECA, E. Efecto del momento de retiro del agua y cosecha en las variedades Parao y El Paso 144. In: _____. **INIA**

Treinta y Tres: Arroz - Resultados Experimentales 2011-12. Montevideo, 2012. Cap. 2, p. 11-24.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, R. A. F. Produtividade e qualidade industrial de grãos de arroz de terras altas em função de lâminas de água no sistema irrigado por aspersão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 125-130, 2003.

DONG, M. H.; ZHAO, B. H.; WU, X. Z.; TAO, C.; YANG, J. C. Difference in hormonal content and activities of key enzymes in the grains at different positions on a rice panicle during grain filling and their correlations with rice qualities. **Scientia Agricultura Sinica**, Beijing, v. 41, n. 2, p. 370-380, 2008.

DONG, M. H.; CHEN, P. F.; QIAO, Z. Y.; WU, X. Z.; ZHAO, B. H.; JIANG, Y. Y.; YANG, J. C. et al. Quality response of grains in different spikelet positions to temperature stress during grain filling of rice. **Acta Agronomia Sinica**, Beijing, v. 37, n. 3, p. 506-513, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FOFANA, M.; CHERIF, M.; KONÉ, B.; FUTAKUCHI, K.; AUDEBERT, A. Effect of water deficit at grain repining stage on rice grain quality. **Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development**, Lagos, v. 2, n. 6, p. 100-107, 2010.

GHOSH, M.; MANDAL, B. K.; LODH, S. B.; DASH, A. K. The effect of planting date and nitrogen management on yield and quality of aromatic rice (*Oryza sativa* L.). **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 142, n. 2, p. 183-191, 2004.

HUANG, D. F.; XI, L. L.; WANG, Z. Q.; LIU, L. J.; YANG, J. C. Effects of irrigation patterns during grain filling on grain quality and concentration and distribution of cadmium in different organs of rice. **Acta Agronomia Sinica**, Beijing, v. 34, n. 3, p. 456-464, 2008.

JONGKAEWWATTANA, S.; GENG, S. Inter-relationships amongst grain characteristics, grain-filling parameters and rice (*Oryza sativa* L.) milling quality. **Journal of Agronomy & Crop Science**, Berlin, v. 187, n. 4, p. 223-229, 2001.

JONGKAEWWATTANA, S.; GENG, S. Non-uniformity of grain characteristics and milling quality of California rice (*Oryza sativa* L.) of different maturities. **Journal of Agronomy & Crop Science**, Berlin, v. 188, n. 3, p. 161-167, 2002.

LANG, Y. Z.; YANG, X. D.; WANG, M. E.; ZHU, Q. S. Effects of lodging at different filling stage on rice yield and grain quality. **Rice Science**, Hangzhou, v. 19, n. 4, p. 315-319, 2012.

LI, H.; CHEN, Z.; HU, M.; WANG, Z.; HUA, H.; YIN, C.; ZENG, H. Different effects of night versus day high temperature on rice quality and accumulation profiling of rice grain proteins during grain filling. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 30, n. 9, p. 1641-1659, 2011.

- LIU, Q. H.; ZHOU, X. B.; YANG, L. Q.; LI, T. Effects of chalkiness on cooking, eating and nutritional qualities of rice in two indica varieties. **Rice Science**, Beijing, v. 16, n. 2, p. 161-164, 2009.
- LYMAN, N. B.; JAGADISH, K. S. V.; NALLEY, L. L.; DIXON, B. L.; SIEBENMORGEN, T. Neglecting rice milling yield and quality underestimates economic losses from high-temperatures stress. **Plos One**, San Francisco, v. 8, n. 8, p. 1-9, 2013.
- MARCHEZAN, E.; GODOY, O. P.; FILHO, J. M. Relações entre época de semeadura, de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 7, p. 843-848, 1993.
- PRABA, M. L.; CAIRNS, J. E.; BABU, R. C.; LAFITTE, H. R. Identification of physiological traits underlying cultivar differences in drought tolerance in rice and wheat. **Journal of Agronomy & Crop Science**, Berlin, v. 195, n. 1, p. 30-46, 2009.
- RIBEIRO, G. J. T.; SOARES, A. A.; REIS, M. S.; CORNÉLIO, V. M. O. Efeitos do atraso da colheita e do período de armazenamento sobre o rendimento de grãos inteiros de arroz de terras altas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1021-1030, 2004.
- ROSHAN, N. M.; MORADI, M.; AZARPOUR, E.; BOZORGI, H. R. Irrigation withholding timemanagement in four rice varieties at Guilan paddy fields (North Iran). **African Journal of Agricultural Research**, Nigeria, v. 8, n. 20, p. 2371-2375, 2013.
- SHEN, B. Observation on the starch grain development in endosperm of early indica rice during chalkiness formation with scanning electronic microscope. **Chinese Journal of Rice Science**, Beijing, v. 14, n. 4, p. 225-228, 2000.
- SHI, C. H.; WU, J. G.; LOU, X. B.; ZHU, J.; WU, P. Genetic analysis of transparency and chalkiness area at different filling stages of rice (*Oryza sativa* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 76, n. 1, p. 1-9, 2002.
- SIEBENMORGEN, T. J.; GRIGG, B. C.; LANNING, S. B. Impacts of preharvest factors during kernel development on rice quality and functionality. **Annual Review of Food Science and Technology**, Palo Alto, v. 4, p. 101-115, 2013.
- SMIDERLE, O. J.; PEREIRA, P. R. V. S. Épocas de colheita e qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado cultivar BRS 7 Taim, em Roraima. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 74-80, 2008.
- SOFIATTI, V.; SCHUCH, L. O. B.; PINTO, J. F.; CARGNIN, A.; LEITZKE, L. N.; HÖLBIG, L. S. Efeitos de regulador de crescimento, controle de doenças e densidade de semeadura na qualidade industrial de grãos de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 418-423, 2006.
- SOSBAI. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Itajaí, 2012. 179 p.

TELÓ, G. M.; MARCHESAN, E.; FERREIRA, R. B.; LÚCIO, A. D. C.; SARTORI, G. M. S.; CEZIMBRA, D. M. Qualidade de grãos de arroz irrigado colhidos com diferentes graus de umidade em função da aplicação de fungicida. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 960-966, 2011.

TSAI, J. C.; LIU, H. I.; CHI, K. S.; YAO, M. H. Effects of planting date on yield, yield components, and chemical compositions in rice plants. **Journal of Agricultural Research of China**, Beijing, v. 50, n. 2, p. 47-59, 2001.

WANG, F.; CHENG, F. M. Research advances in the relationships between ABA and rice grain filling. **Seed**, New York, v. 23, n. 1, p. 31-35, 2004.

YANG, L.; ZHANG, J. Grain filling problem in “super” rice. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 61, n. 1, p. 1-5, 2010.

YOSHIOKA, Y.; IWATA, H.; TABATA, M.; NINOMIYA, S.; OHSAWA, R. Chalkiness in rice: potential for evaluation with image analysis. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 5, p. 2113-2120, 2007.

ZHOU, L.; CHEN, L.; JIANG, L.; ZHANG, W.; LIU, L.; LIU, X.; ZHAO, Z.; LIU, S.; ZHANG, L.; WANG, J.; WANG, J. Fine mapping of the grain chalkiness QTL *pPGWC-7* in rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 118, n. 3, p. 581-590, 2009.