

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”**  
**Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**



Dissertação

**Suscetibilidade à quebra e qualidade tecnológica de genótipos de arroz  
submetidos ao atraso da colheita**

**Jessie Tuani Caetano Cardoso**  
Engenheira Agrícola

Pelotas, 2022

**Jessie Tuani Caetano Cardoso**

**Suscetibilidade à quebra e qualidade tecnológica de genótipos de arroz  
submetidos ao atraso da colheita**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos da  
Universidade Federal de Pelotas,  
como requisito parcial à obtenção do  
Título de Mestre em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Maurício de Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. Cristiano Dietrich Ferreira

Co-orientadora: Dra. Silvia Leticia Rivero Meza

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

C268s Cardoso, Jessie Tuani Caetano

Suscetibilidade à quebra e qualidade tecnológica de genótipos de arroz submetidos ao atraso da colheita / Jessie Tuani Caetano Cardoso ; Maurício de Oliveira, orientador ; Cristiano Dietrich Ferreira, Silvia Leticia Rivero Meza, coorientadores. — Pelotas, 2022.

92 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Arroz. 2. Colheita. 3. Rendimento de grãos inteiros. 4. Fissuras. 5. Umidade relativa. I. Oliveira, Maurício de, orient. II. Ferreira, Cristiano Dietrich, coorient. III. Meza, Silvia Leticia Rivero, coorient. IV. Título.

CDD : 664

Jessie Tuani Caetano Cardoso

Suscetibilidade à quebra e qualidade tecnológica de genótipos de arroz  
submetidos ao atraso da colheita

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 30/06/2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Mauricio de Oliveira (Orientador)  
Doutor em ciência e tecnologia de alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Dr. Newton da Silva Timm  
Doutor em engenharia agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria.

Prof. Dr. Carlos Antônio da Costa Tillmann  
Doutor em ciência e tecnologia de sementes pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Rafael Gomes Dionello  
Doutor em produção vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

## Dedicatória

Com amor e gratidão os meus pais, Lia e Ivan, e aos meus irmãos André e Iuri

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus pela minha vida, por ter me colocado na família que tanto amo, pela minha saúde e por permitir encerrar mais esta etapa.

Aos meus pais, Lia Caetano e Ivan Cardoso, pelo amor infinito, por acreditarem em mim, por todos os apoios, afinal, por tudo.

A Mirege Robaina, que além de estagiária de iniciação científica, é minha melhor amiga. Agradeço pela ajuda, motivação, convívio e por estar presente em todos os momentos do mestrado, dentro e fora do laboratório.

Ao Christian Costa, por todo o companheirismo, ajuda, por vibrar em momentos felizes e pela compreensão em momentos difíceis.

Ao Engenheiro Agrícola M.Sc. Gustavo Lang, um dos meus agradecimentos especiais, por todos os ensinamentos e principalmente pelo incentivo e ajuda em todas as etapas do mestrado. Com certeza esta pesquisa chegou onde chegou devido ao seu apoio.

A coorientadora Silvia Meza, também meu agradecimento especial, por todo apoio, compreensão, ensinamentos e por me levar pra frente no momento final. Por estar disposta a passar um feriado em uma chamada de vídeo para finalizarmos esta pesquisa.

Ao orientador Maurício de Oliveira e coorientador Cristiano Ferreira pelo estímulo a pesquisa e orientação.

Ao Engenheiro Agrônomo MSc. Fernando Fumagalli Miranda, pesquisador do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) pelo incentivo à pesquisa.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e a todos professores pela aprendizagem.

Ao Instituto Rio Grandense do Arroz pelo fornecimento das amostras de arroz e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) por apoio financeiro a pesquisa.

A todos colegas de pós-graduação pela convivência, companheirismo, ensinamentos e apoio, em especial ao Adriano Ramos, Janaína Goveia, Graziella Bruni, Lázaro Canizares, Newiton Timm, Betina Bueno, Shanise El Halal e César Gaioso, e a todos estagiários de iniciação científica.

## Resumo

CARDOSO, Jessie Tuani Caetano. Suscetibilidade à quebra e qualidade tecnológica de genótipos de arroz submetidos ao atraso da colheita. 2022, 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Os genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil apresentam, em sua grande maioria, um ponto ideal de colheita compreendido entre 30 a 35 dias após a floração plena, e quando os grãos se encontram com grau de umidade na faixa de 16 a 22. Entretanto, nem sempre as condições ambientais e/ou operacionais permitem a colheita no momento ótimo, fazendo com que muitas vezes os grãos permaneçam por um maior tempo na lavoura estando à mercê de condições ambientais variáveis. Este período de atraso pode acarretar redução da qualidade industrial dos grãos de arroz, especialmente no rendimento de grãos inteiros, devido a suscetibilidade à quebra durante o beneficiamento industrial associado a presença de fissuras nos grãos. Condições climáticas são incontornáveis e influenciam na qualidade do arroz, tornando necessário o desenvolvimento e estudo de variedades de arroz resistentes ou tolerantes a formação de fissuras desde o campo até o armazenamento. Por isso este estudo objetivou avaliar a qualidade tecnológica e a suscetibilidade à quebra de oito genótipos de arroz com base nos efeitos do retardo na colheita. Os genótipos foram submetidos ao atraso na colheita, sendo colhidos em 30, 40, 50, 60 e 90 dias após a floração. Os resultados foram analisados utilizando análise de variância ANOVA, e teste de Tukey. Para a variável época de colheita foi realizado regressão polinomial. Relacionou-se o rendimento de grãos inteiros com o grau de umidade de forma polinomial quadrática e o número de dias após a floração e o grau de umidade de forma polinomial inversa. Com estas relações foram estimados pontos ideais de colheita para a obtenção do máximo rendimento de grãos inteiros dos genótipos. Concluiu-se que o atraso na colheita tende ao aumento de grãos fissurados e redução do grau de umidade e do rendimento de grãos inteiros. O menor rendimento de grãos inteiros ocorreu em 90 dias após a floração (DAF) e o maior entre 28 e 35 DAF e grau de umidade ótimo entre 18,6 e 21%. Os efeitos do atraso na colheita são muito significativos, mesmo para genótipos com alto rendimento de grãos inteiros no período ótimo de colheita.

**Palavras-chave:** Arroz, colheita, rendimento de grãos inteiros, fissuras, umidade relativa.

## Abstract

CARDOSO, Jessie Tuani Caetano. **Susceptibility to breakage and technological quality of rice genotypes subjected to harvest delay.** 2022, 92f. Dissertation (Master's in Food Science and Technology) – Postgraduate Program in Food Science and Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2022.

Most of the rice genotypes grown in southern Brazil present an ideal harvest point between 30 and 35 days after full flowering, and when the grains have a moisture content in the range of 16 to 22. However, environmental and/or operational conditions do not always allow for the harvest at the optimal time, making the grains often remain in the field for a longer time with variable environmental conditions. This delay period can lead to a reduction in the industrial quality of rice grains, especially in the whole grain yield, due to the susceptibility to breakage during industrial processing associated with the presence of cracks in the grains. Climatic conditions are uncontrollable and influence rice quality, making it necessary to develop and study rice varieties resistant or tolerant to the formation of cracks from the field to storage. Therefore, this study aimed to evaluate the technological quality and susceptibility to breakage of eight rice genotypes based on the effects of harvest delay. With these relations, ideal harvest points were estimated to obtain the maximum whole grain yield of the genotypes. It was concluded that the delay in harvest tends to increase cracked grains and reduce the degree of moisture and whole grain yield. The lowest yield of wholes occurred at 90 days after flowering (DAF) and the highest between 30 and 35 DAF and optimum moisture content between 18.6 and 21%. The effects of the delay in harvest are very significant, even for genotypes with high yield of head in the optimal harvest period.

Keywords: Rice, harvest, whole grain yield, cracks, relative humidity

## Lista de Figuras

Figura 1 - Relação entre máximo rendimento de grãos inteiros e grau de umidade e a relação entre o número de dias após a floração e umidade dos genótipos de arroz BR IRGA 409 (A) e IRGA 424 (B).....	26
Figura 2- Relação entre máximo rendimento de grãos inteiros e grau de umidade e a relação entre o número de dias após a floração e umidade dos genótipos de arroz IRGA 426 (A) e IRGA 431 CL (B). ....	27
Figura 3- Relação entre máximo rendimento de grãos inteiros e grau de umidade e a relação entre o número de dias após a floração e umidade dos genótipos de arroz IRGA 417 (A) e BRS PAMPEIRA (B).....	28
Figura 4- Relação entre máximo rendimento de grãos inteiros e grau de umidade e a relação entre o número de dias após a floração e umidade dos genótipos de arroz IRGA 424 RI (A) e BR-IRGA 410 (B). ....	29
Figura 5- Relação entre a luminosidade dos grãos integrais e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.....	35
Figura 6- Relação entre a luminosidade dos grãos polidos número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz. ....	36
Figura 7- Relação entre a coordenada $a^*$ dos grãos integrais e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.....	37
Figura 8- Relação entre a coordenada $a^*$ dos grãos polidos e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.....	38
Figura 9- Relação entre a coordenada $b^*$ dos grãos integrais e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.....	39
Figura 10- Relação entre a coordenada $b^*$ dos grãos polidos e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.....	40
Figura 11- Relação entre o grau de brancura (%) e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz. ....	41
Figura 12 - Relação entre o percentual de grãos com fissuras (%) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.....	47
Figura 13 - Relação entre a força de ruptura (N) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz. ....	48
Figura 14 - Relação entre o tempo de cocção (min) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz. ....	49

Figura 15 - Relação entre a capacidade de absorção de água (%) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.....	50
Figura 16 - Relação entre a dureza (g) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.....	51
Figura 17- Relação entre a adesividade (g/sec) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz. ....	52
Figura 18 - Mudanças nas propriedades tecnológicas de diferentes genótipos de arroz branco BR-IRGA 409 (A) e IRGA 424 (B), submetidos ao atraso de colheita. ....	60
Figura 19 - Mudanças nas propriedades tecnológicas de diferentes genótipos de arroz branco IRGA 426 (A) e IRGA 431 CL (B), submetidos ao atraso de colheita. ....	62
Figura 20 - Mudanças nas propriedades tecnológicas de diferentes genótipos de arroz branco IRGA 417 (A) e IRGA 424 RI (B), submetidos ao atraso de colheita. ....	64
Figura 21 - Mudanças nas propriedades tecnológicas de diferentes genótipos de arroz branco BR-IRGA 410 (A) e BRS PAMPEIRA (B), submetidos ao atraso de colheita. ....	67

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Delineamento experimental para avaliar o efeito do atraso na colheita sobre a qualidade tecnológica em diferentes genótipos de arroz .....	19
Tabela 2 - Rendimento de grãos inteiros (%) de oito genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita.....	30
Tabela 3 - Grau de umidade (%) de oito genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita .....	30
Tabela 4- Estimativa de máximo rendimento de grãos inteiros, grau de umidade de colheita e número de dias após a floração (DAF) de oito genótipos de arroz, com suas respectivas equações ajustadas.....	31
Tabela 5 - Equações de regressão polinomial do perfil colorimétrico dos genótipos de arroz em relação ao atraso da colheita .....	43
Tabela 6 - Equações de regressão polinomial das características tecnológicas dos genótipos de arroz em relação ao atraso da colheita .....	54
Tabela 7 - Perfil colorimétrico de genótipos de arroz integral submetidos ao atraso na colheita .....	71
Tabela 8 - Perfil colorimétrico de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita .....	72
Tabela 9 - Grau de brancura (%) de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita .....	73
Tabela 10 - Porcentagem de grãos gessados (%) de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita .....	76
Tabela 11 - Percentual de grãos com fissuras (%) de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita .....	78
Tabela 12 - Dimensões (mm) de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita .....	80
Tabela 13 - Força de ruptura (N) de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita .....	81
Tabela 14 - Tempo de cocção (minutos) de genótipos de arroz polido e cozido submetidos ao atraso na colheita.....	82
Tabela 15 - Capacidade de absorção de água (%) de genótipos de arroz polido e cozido submetidos ao atraso na colheita.....	83
Tabela 16 - Dureza e adesividade de genótipos de arroz polido e cozido submetidos ao atraso na colheita.....	85

## Sumário

1 Introdução.....	12
2 Objetivos.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos .....	14
3 Revisão bibliográfica.....	15
3.1 Arroz .....	15
3.2 Atraso na colheita do arroz .....	16
3.3 Qualidade do arroz .....	16
4 Material e métodos .....	18
4.1 Material.....	18
4.2 Métodos.....	18
4.2.1 Delineamento experimental .....	18
4.2.2 Rendimento de grãos inteiros .....	19
4.2.3 Percentual de grãos com fissuras.....	19
4.2.4 Grau de brancura.....	20
4.2.5 Índice de grãos gessados .....	20
4.2.6 Perfil colorimétrico .....	20
4.2.7 Dimensões.....	20
4.2.8 Força de ruptura .....	20
4.2.9 Tempo de cocção .....	21
4.2.10 Capacidade de absorção de água .....	21
4.2.11 Textura.....	21
4.2.12 Análise estatística.....	21
5 Resultados e discussão .....	23
5.1 Efeito do grau de umidade na época de colheita e no rendimento de grãos inteiros dos genótipos de arroz .....	23
5.2 Efeito da época de colheita nas propriedades tecnológicas dos genótipos de arroz....	33
5.3 Impacto da época de colheita no perfil tecnológico dos genótipos de arroz.....	56
5.4 Diferenças tecnológicas entre genótipos de arroz submetidos ao atraso na colheita...	68
6 Conclusão.....	86
Referências bibliográficas.....	87

## 1 Introdução

O ponto considerado ideal para a colheita da maioria dos genótipos de arroz é aquele em que os grãos se encontram com grau de umidade entre 18 e 23% (EIFERT, 2009), ponto em que o grau de umidade ainda é considerado alto para o armazenamento seguro e que geralmente ocorre entre 30 e 35 dias após a floração plena (INFIELD; SILVEIRA JUNIOR, 1984). Quanto mais próximo a este ponto os grãos forem colhidos, melhor será sua qualidade industrial, especialmente em relação ao rendimento de grãos inteiros. No entanto, se os grãos permanecerem com umidade elevada após a maturação fisiológica por tempos prolongados na lavoura, estes estarão sujeitos a redução no rendimento de grãos inteiros.

O maior ou menor rendimento de grãos inteiros no processo industrial normalmente está relacionado a existência de fissuras nos grãos. A ocorrência de fissuras resulta principalmente do estresse causado pela sorção e dessorção de umidade que ocorre por ação da chuva, orvalho, umidade relativa do ar, radiação solar e o vento. Durante os processos de sorção e dessorção de água, um gradiente de umidade entre a superfície e o centro do grão é formado induzindo a tensões de tração e compressão no grão. Quando a resistência dos grãos a estas tensões é ultrapassada, fissuras são formadas (CNOSSEN et al., 2001; BAO, 2019).

O estresse de sorção geralmente ocorre em graus de umidade que variam de 12 e 16% (JULIANO, 2016), no entanto, essa faixa crítica varia em função do genótipo. Isto é confirmado por Mukhopadhyay e Siebenmorgen (2017) que avaliaram as propriedades funcionais de três variedades de arroz sob tratamento com cinco graus de umidade (9, 11, 13, 15 e 17%), reumidecidas e recondicionadas a 12%. Os resultados mostraram que conforme o grau de umidade diminuiu abaixo de 15% antes de reumidificação, maiores foram os percentuais de grãos com fissuras.

A intensidade de fissuras nos grãos depende da espessura, do gradiente de umidade e de condições de secagem. Diferentes genótipos possuem diferentes dimensões, e de acordo com Cnossen e Siebenmorgen (2000) e

Siebenmorgen et al. (2005), o gradiente de umidade é menor em grãos longos do que em grãos médios devido seu núcleo mais fino.

A quebra dos grãos durante o beneficiamento é um dos problemas enfrentados pela indústria, pois reduz o valor do arroz no mercado. Por este motivo, a seleção de grãos mais resistentes à quebra, é um dos principais requisitos considerados para a seleção de novos genótipos de arroz. Essa diferença de suscetibilidade à quebra entre os genótipos está correlacionada com a formação de fissuras, que tornam o grão mais frágil à ruptura durante o polimento, diminuindo assim o rendimento de grãos inteiros.

Todavia, muitas vezes produtores cultivam apenas determinados genótipos, seja por escolha própria, preço ou determinação de alguma empresa. Sendo assim, é de grande importância existir na bibliografia um perfil tecnológico para cada genótipo, apresentando seu desempenho em diferentes épocas de colheita.

Dessa forma, este estudo objetivou avaliar a qualidade tecnológica e a suscetibilidade à quebra de diferentes genótipos de arroz com base nos efeitos do retardo na colheita. Para isso, foram verificados o rendimento de grãos inteiros, grau de umidade e época de colheita dos diferentes genótipos, bem como as propriedades tecnológicas e de cocção.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a suscetibilidade à quebra e a qualidade tecnológica de genótipos de arroz submetidos ao atraso da colheita.

### **2.2 Objetivos Específicos**

2.2.1 Verificar efeitos do grau de umidade no rendimento de grãos inteiros e na época de colheita dos grãos.

2.2.2 Definir a melhor época de colheita para os genótipos de arroz BR IRGA 409, IRGA 424, IRGA 426, IRGA 431 CL, IRGA 417, BRS PAMPEIRA, IRGA 424 RI e BR IRGA 410 com base na qualidade tecnológica, grau de umidade e época de colheita.

2.2.3 Traçar um perfil tecnológico para cada genótipo de arroz em relação a época de colheita.

2.2.4 Identificar as principais diferenças nas propriedades tecnológicas entre os genótipos de arroz analisados.

### **3 Revisão bibliográfica**

#### **3.1 Arroz**

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das culturas mais antigas e classifica-se como um dos alimentos mais importantes do mundo (IGUAZ, et al., 2006). Consumido mundialmente, o arroz é uma importante fonte de energia para a maior parte da população no mundo, principalmente para populações de baixa renda, como países da América Latina e África e em países do Sudoeste da Ásia (CAPITANI; MIRANDA; MARTINES FILHO, 2011).

No Brasil este cereal apresenta-se como principal produto da base nutricional do indivíduo comum, estando presente na mesa de todas as camadas sociais (CONAB, 2018). Os brasileiros o consomem na forma de grãos inteiros em quatro formas de produtos: (1) beneficiado polido, (2) parboilizado (3) parboilizado integral e (4) integral (BRASIL, 2009). No entanto, a principal forma de consumo é após o processo de polimento no qual a partir de meios mecânicos a casca e o farelo são extraídos (OLIVEIRA; AMATO, 2021).

O arroz é o 8º produto agrícola mais produzido no Brasil (10.368.611 toneladas), sendo o Rio Grande do Sul (RS) o principal estado produtor (FAO, 2019). Nele o período favorável de semeadura do arroz irrigado é entre os meses de setembro a dezembro (STEINMETZ; BRAGA, 2001) e a colheita indicada quando dois terços da panícula se encontram maduros (SMIDERLE; DIAS, 2008).

#### **3.2 Colheita do arroz**

A colheita do arroz ocorre a partir da maturação fisiológica, cujo ponto ideal de colheita é quando os grãos atingem o melhor rendimento de grãos inteiros. O grau de umidade e o número de dias após a floração (DAF) são fatores utilizados para relacionar a época de colheita com o rendimento de grãos inteiros, sendo fundamentais na decisão de quando colher e evitar perdas no produto (INFIELD; SILVEIRA JÚNIOR, 1984; MARCHEZAN et al., 1993). Desta forma, o ponto ideal ocorre quando os grãos ainda se encontram com elevado grau de umidade, normalmente entre 16 e 22% (CNOSSEN et al., 2001; SUN et al., 2002), e entre 30 e 35 dias após a floração plena (INFIELD; SILVEIRA JUNIOR, 1984). No entanto, na prática, nem sempre é possível colher no ponto

ideal, pois depende das condições climáticas, uniformidade de maturação do genótipo, disponibilidade de máquinas, transporte, secador, dentre outros (RIBEIRO et al., 2004).

### **3.3 Atraso na colheita do arroz**

Antes da maturação fisiológica, a colheita é considerada antecipada, e após, tardia. A antecipação ou atraso da colheita reduz a produção e qualidade do arroz (RIBEIRO et al., 2004). A colheita precoce, com umidade elevada, resulta em decréscimo do RI devido ao desenvolvimento incompleto dos grãos, proporcionando grãos imaturos, mal formados e gessados (RIBEIRO et al., 2004; SMIDERLE; DIAS, 2008). Por outro lado, a colheita tardia origina grãos com grau de umidade baixo, provoca degrana natural por acamamento, ataque de insetos, pássaros e roedores (CASTRO, 1999; SOARES, 2001). No entanto, o maior prejuízo é a redução do rendimento de grãos inteiros devido ao aparecimento de fissuras.

Alguns genótipos possuem maior resistência a formação de fissuras e quebra. No entanto, outros genótipos são mais suscetíveis a redução do RI conforme o atraso na colheita (CASTRO et al., 1999; RIBEIRO et al., 2004; LOPES et al., 2018). Lopes et al. (2018) estudando o atraso na colheita de diferentes genótipos de arroz verificaram que IRGA 429, IRGA 430 e IRGA 431 CL foram mais suscetíveis à redução do RI com o atraso na colheita, tendo ponto ideal em 45 DAF, enquanto IRGA 424 e IRGA 424 RI puderam ser colhidas em até três semanas após a maturação, sem prejudicar o RI. No entanto, Infield e Silveira Júnior (1984) relataram que colheitas tardias além de 40 DAF provocam crescente porcentagem de grãos quebrados.

Desta forma, a colheita em momento mais próximo da época ideal e com o grau de umidade adequado, trará melhores resultados e qualidade industrial, especialmente em relação ao rendimento de grãos inteiros.

### **3.4 Qualidade do arroz**

Para se ter um produto competitivo no mercado é necessário produzir grãos de arroz com qualidade (OLIVEIRA; AMATO, 2021). Os consumidores levam em conta a aparência do produto após cozimento, odor, consistência e

sabor, além de aspectos relacionados à aparência antes do cozimento (FONSECA; SILVA, 1990), como a uniformidade e o baixo índice de grãos quebrados e/ou danificados (CASTRO et al., 1999).

O percentual de grãos inteiros é um dos itens mais importantes para avaliar a qualidade do arroz. Produtores e cerealistas visam um melhor RI em seu beneficiamento, uma vez que este parâmetro afeta o valor de mercado do produto e a aceitação de novos genótipos (WANG, 2021). Grãos quebrados são vendidos a um preço muito mais baixo, cerca de 30-50% do grão inteiro (NTANOS et al., 1996).

A quebra dos grãos de arroz no beneficiamento ocorre devido há várias razões, tais como: características do próprio grão, manejo de equipamentos e manuseio do produto. No entanto, o maior prejuízo é devido a ocorrência de fissuras (SOARES, 2001).

As fissuras são geradas por estresse de sorção de umidade que ocorre devido a reidratação dos grãos por ação da chuva, orvalho e elevada umidade relativa do ar (BAO, 2019), bem como à desidratação nas horas mais quentes do dia (CASTRO et al., 1999; SOARES, 2001). O maior estresse de sorção ocorre entre graus de umidade de 12 e 16% (JULIANO, 2016), porém esse ponto crítico varia em função do genótipo (CASTRO et al., 1999). Durante os processos de absorção e dessorção, gradientes de umidade são gerados entre a superfície e o centro do grão que induzem tensões de tração e compressão (BAO, 2019). Quando a resistência dos grãos a estas tensões é ultrapassada, fissuras são formadas (CNOSSEN et al., 2001; BAO, 2019) e é neste ponto que os grãos atingem a temperatura de transição vítrea.

## **4 Material e métodos**

### **4.1 Material**

Foram utilizados grãos de arroz em casca de 8 genótipos (BR IRGA 409, IRGA 424, IRGA 426, IRGA 431 CL, IRGA 417, BRS PAMPEIRA, IRGA 424 RI e BR IRGA 410), produzidos no município de Cachoeirinha (Latitude: 29° 56' 52" Sul, Longitude: 51° 5' 43" Oeste), Rio Grande do Sul, Brasil, provenientes e disponibilizados pelo IRGA (Instituto Rio Grandense de Arroz) da safra do ano agrícola 2018/2019. O delineamento ocorreu em blocos casualizados, onde os genótipos foram submetidos ao atraso na colheita, sendo colhidos em diferentes épocas (30, 40, 50, 60 e 90 dias após a floração). O material seco (13% de umidade) e armazenado em ambiente refrigerado (16°C) no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos – 713, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial - DCTA da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas – UFPel, até o momento das análises.

### **4.2 Métodos**

#### **4.2.1 Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado para avaliar efeitos do atraso na colheita sobre a qualidade tecnológica em diferentes genótipos de arroz está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Delineamento experimental para avaliar o efeito do atraso na colheita sobre a qualidade tecnológica em diferentes genótipos de arroz

Tratamentos	Variáveis independentes		Variáveis dependentes
	Genótipo	Época de colheita (DAF)	
1	BR-IRGA 409	30	Rendimento de grãos inteiros
2	IRGA 424	40	Percentual de grãos com fissuras
3	IRGA 426	50	Grau de brancura
4	IRGA 431 CL	60	Percentual de grãos gessados
...	IRGA 417	90	Perfil colorimétrico
	BRS PAMPEIRA		Dimensões
	IRGA 424 RI		Força de ruptura
	BR-IRGA 410		Tempo de cocção
...			Capacidade de absorção de água
40			Textura

As análises foram realizadas em triplicata em grãos integrais e/ou polidos.

#### 4.2.2 Rendimento de grãos inteiros

O rendimento de grãos inteiros foi determinado conforme Instrução Normativa 6/2009, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009) para grãos naturais em casca, utilizando engenho de provas (PAZ-1/DTA Zaccaria, Limeira, SP, Brasil). A porcentagem (%) foi calculada considerando o peso inicial da amostra em casca (100 g).

#### 4.2.3 Percentual de grãos com fissuras

O percentual de grãos fissurados foi determinado segundo a metodologia proposta por Clossen et al. (2003) com modificações. Com auxílio de uma caixa de luz com paredes e fundo escuro e tampa de placa polarizada, verificou-se visualmente a existência de fissuras internas em 25 g de grãos inteiros de arroz integral. O total de grãos com fissuras foi contabilizado em gramas e expresso em porcentagem.

#### **4.2.4 Grau de brancura**

O grau de brancura dos grãos arroz polidos, foi determinado em Branquímetro (Milling Meter MM1D, Satake) operado conforme recomendações do fabricante. O equipamento faz uma projeção de luz sobre os grãos de arroz, com base na medição da luz refletida e absorvida sobre escala própria do equipamento.

#### **4.2.5 Índice de grãos gessados**

Os índices de grãos gessados (0 a 25%, 25 a 50%, 50 a 75% e 75 a 100%) nas amostras de arroz polido foram determinados através do analisador estatístico de grãos Modelo S21 (S21 Solutions), baseado na análise de imagens digitais das amostras. Cada amostra de 60 g de arroz descascado e polido passou por um capturador de imagens digitais, onde capturava o vídeo dos grãos sendo movimentados internamente e transmitia as imagens para um software automático de processamento de dados.

#### **4.2.6 Perfil colorimétrico**

O perfil colorimétrico foi determinado nos grãos antes e após o polimento através de um colorímetro (Minolta, CR-310, Osaka, Japão). Os parâmetros determinados foram L (100 = branco e 0 = preto),  $a^*$  (positivo = vermelho e negativo = verde) e  $b^*$  (positivo = amarelo e negativo = azul).

#### **4.2.7 Dimensões**

A mensuração do comprimento (C), largura (L) e espessura (E) de 50 grãos de arroz polido foi realizada conforme Instrução Normativa 6/2009, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009), como modificações. Utilizou-se um paquímetro digital de 0,01 de precisão da marca King Tools. Os resultados foram expressos em milímetros.

#### **4.2.8 Força de ruptura**

A força de ruptura dos grãos individuais polidos, foi determinada conforme metodologia descrita por Siebenmorgen e Qin (2005), com modificações. Onde foi utilizado um analisador de textura (TA-XT2, textura Technologies Corp.,

Scarsdale, NY) em um ensaio de flexão de três pontos. A distância entre os pontos de apoio do grão foi de 4,5 mm (mínimo comprimento para ser considerado inteiro na classe longo fino) e a taxa de deformação 0,5 mm/s. Os grãos de arroz foram selecionados aleatoriamente.

#### 4.2.9 Tempo de cocção

O tempo de cocção do arroz polido foi determinado de acordo com o método descrito por Juliano e Bechtel (1985). Os grãos foram considerados cozidos quando 90% dos mesmos distribuídos em uma placa de vidro não apresentavam opacidade. Os resultados foram analisados de forma visual e expressos em minutos.

#### 4.2.10 Capacidade de absorção de água

A capacidade de absorção de água (CAA) das amostras foi realizada utilizando o método de Okezie e Bello (1988) onde grãos secos de arroz polido (5g a 8g) foram submersos em água destilada à 100°C por um período de 10 minutos. A %CAA foi quantificada de acordo com a equação (1):

$$\%CAA: \frac{\text{Peso do sedimento (g)}}{\text{Peso da amostra seca (g)}} \times 100 \quad (1)$$

#### 4.2.11 Textura

O perfil texturométrico foi realizado de acordo com o método descrito por Juliano e Bechtel (1985) no qual foi determinado em grãos polidos após o cozimento através do equipamento da marca Stable Micro Systems Texture Analysers, modelo TA.XTplus, com uma célula de carga de 5 kg, probe de 25 mm e dois ciclos de compressão com velocidade de 1,7mm.sec<sup>-1</sup>, como descrito por Park et al. (2001). Os parâmetros avaliados foram a dureza e adesividade.

#### 4.2.12 Análise estatística

Os resultados obtidos foram analisados pelo programa *Statistica*, utilizando-se análise de variância ANOVA, seguida de comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). Para a variável época de colheita, em dias após a floração (DAF), foi realizado regressão

polinomial. Ainda, as características de dimensão, textura, cor, brancura, gessados, fissura, tempo de cocção e capacidade de absorção de água (CAA) dos oito genótipos de arroz branco colhidos em 30, 40, 50, 60 e 90 dias após floração (DAF) foram avaliados por meio da análise de multivariada. Foram realizadas as análises de componentes principais (PCA score) e heatmaps (mapa de calor) utilizando dados normalizados pela mediana, transformados por Log e escalonados por Pareto usando o MetaboAnalyst 5.0 ([www.metaboanalyst.ca](http://www.metaboanalyst.ca)) (PANG et al., 2021).

## 5 Resultados e discussão

### 5.1 Efeito do grau de umidade na época de colheita e no rendimento de grãos inteiros dos genótipos de arroz

Nesta seção será abordada o estudo da avaliação da época de colheita relacionada a umidade e rendimento de grãos inteiros do arroz. Considerando que o ponto ideal para a colheita da maioria dos genótipos de arroz é aquele em que os grãos se encontram com grau de umidade entre 16 e 22%, faixa de umidade alta para o armazenamento seguro, geralmente ocorre entre 30 e 35 dias após a floração plena (CNOSSEN et al., 2001; SUN et al., 2002; INFIELD; SILVEIRA JUNIOR, 1984). Quanto mais próximo a este ponto os grãos forem colhidos, melhor será sua qualidade industrial, especialmente em relação ao rendimento de grãos inteiros. No entanto, se os grãos permanecerem com umidade elevada após a maturação fisiológica por tempos prolongados na lavoura, estes estarão sujeitos a redução no rendimento de grãos inteiros. Os resultados do rendimento de grãos inteiros e grau de umidade conforme a época de colheita para os oito genótipos de arroz estudados estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3 e 4 e Tabelas 2 e 3.

O genótipo BRS PAMPEIRA apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) dos demais genótipos em 30 DAF por apresentar menor rendimento de grãos inteiros (53,76%). Em 40, 50 e 60 DAF este genótipo também apresentou os menores valores de rendimento dos grãos inteiros (RI) (56,49, 51,07 e 52,86%, respectivamente). As menores médias de rendimento de grãos inteiros ocorreram em 90 DAF para os genótipos IRGA 431 CL (33,38%) e IRGA 424 RI (38,48%). As maiores médias de rendimento de grãos inteiros ocorreram nos genótipos IRGA 424 RI em 30 DAF (64,96%) e 50 DAF (64,64%), IRGA 417 em 30 DAF (64,52%) e BR-IRGA 410 em 40 DAF (64,68%) (Tabela 2).

O genótipo BR-IRGA 409 apresentou RI elevados e semelhantes aos demais genótipos em todas as épocas de colheita, mesmo em 40, 50, 60 e 90 DAF, onde os graus de umidade foram inferiores as recomendações de colheita (12,40, 11,57, 9,83 e 9,77%, respectivamente). Ainda, o genótipo BR-IRGA 409 apresentou menor grau de umidade em todas as épocas de colheita, o que mostra que este genótipo apresenta a menor umidade de equilíbrio entre os

genótipos testados. Em 30, 50 e 60 DAF diferenciou-se ( $P < 0,05$ ) dos demais genótipos com umidade de 19,90, 11,57 e 9,83%, respectivamente (Tabela 3).

A reidratação pode ocasionar aparecimento de fissuras quando os grãos atingem um ponto crítico de umidade. Juliano (2016) relatou que esse estresse por sorção ocorre entre 12 e 16% de umidade, criando e/ou aumentando o número de fissuras nos grãos, que reduzem a resistência dos mesmos ao beneficiamento industrial, podendo posteriormente aumentar a quebra. Isso pode explicar a redução do RI dos genótipos IRGA 424 e BR-IRGA 410 que apresentaram sorção de umidade de 50 para 60 DAF e de 60 para 90 DAF, respectivamente (Tabelas 2 e 3).

O grau de umidade e o número de dias após a floração mostraram estar associados ao rendimento de grãos inteiros. Com isso, fez-se um estudo da relação de dependência funcional destes parâmetros para melhor avaliar essa situação através da regressão polinomial. Esse estudo permitiu indicar qual a melhor época de colheita para os oito genótipos de arroz analisados com base no número de dias após a floração, grau de umidade e RI. Os resultados das curvas estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

O rendimento de grãos inteiros foi relacionado com o grau de umidade de forma polinomial quadrática. Em todos os genótipos o RI foi crescente até determinada umidade, apresentando posteriormente um decréscimo. Em seguida, foram relacionados de forma polinomial inversa de segundo grau, o número de dias após a floração e o grau de umidade. Nesta relação as curvas apresentaram formato decrescente.

O grau de umidade de colheita para todos os genótipos apresentou redução conforme a colheita retardou, ou seja, quanto mais tardia a colheita, menor o grau de umidade dos grãos (Figuras 1, 2, 3 e 4). Isso demonstra a tendência de perda de umidade após a maturação fisiológica, que só é revertida com a ocorrência de chuvas ou aumento da umidade relativa do ar. À medida que houve atraso na colheita foram verificadas reduções do grau de umidade e do rendimento de grãos inteiros, e conseqüentemente, aumento de grãos quebrados.

A partir das relações entre RI e grau de umidade e entre DAF e grau de umidade (Figuras 1, 2, 3 e 4), foram estimados os pontos ideais de colheita para

a obtenção dos máximos RI dos oito genótipos de arroz estudados. Os valores máximos estimados e suas respectivas equações estão apresentados na Tabela 4.

A maioria dos genótipos apresentou porcentagens mais elevadas de grãos inteiros entre 30 e 35 DAF. O genótipo IRGA 431 CL apresentou o maior RI aos 28 dias após a floração, enquanto o genótipo BRS PAMPEIRA em um período mais tardio, aos 44 DAF. Esses resultados estão de acordo com os autores Infield e Silveira Junior (1984), Marchezan et al. (1993) e Ribeiro et al. (2004) que também encontraram maiores RI entre 30 e 40 DAF.

O grau de umidade ótimo para a obtenção dos maiores rendimentos de grãos inteiros nos genótipos estudados situou-se entre 18,6 a 21% (Tabela 4). Calderwood et al. (1980) e Marchezan et al. (1993) encontraram os maiores percentuais em colheitas realizadas com grau de umidade entre 18 e 23%.

Os genótipos IRGA 431 CL e IRGA 424 RI apresentaram os maiores valores estimados de RI (71,43% e 72,91%, respectivamente) e o genótipo BRS PAMPEIRA apresentou o menor (54,83%) (Tabela 2). Os percentuais máximos estimados de IRGA 431 CL e IRGA 424 RI foram superiores aos informados por IRGA (2017) e Almeida et al. (2019). Segundo os autores, o rendimento de grãos inteiros destes genótipos é cerca de 65 e 63%, respectivamente, em colheitas realizadas em 30 DAF. Todavia, o genótipo BRS PAMPEIRA apresentou menor valor estimado quando comparado ao rendimento de grãos inteiros informado por EMBRAPA (2019). Segundo a empresa, este genótipo possui RI superior a 62% quando colhido em 33 DAF.

Vale ressaltar que mesmo para genótipos de alto RI no período ótimo de colheita como IRGA 431 CL e IRGA 424 RI, os efeitos do atraso na colheita são muito significativos, uma vez que atingiram uma perda de 47,04 e 40,76% no RI, respectivamente, aos 90 DAF em comparação aos 30 DAF.

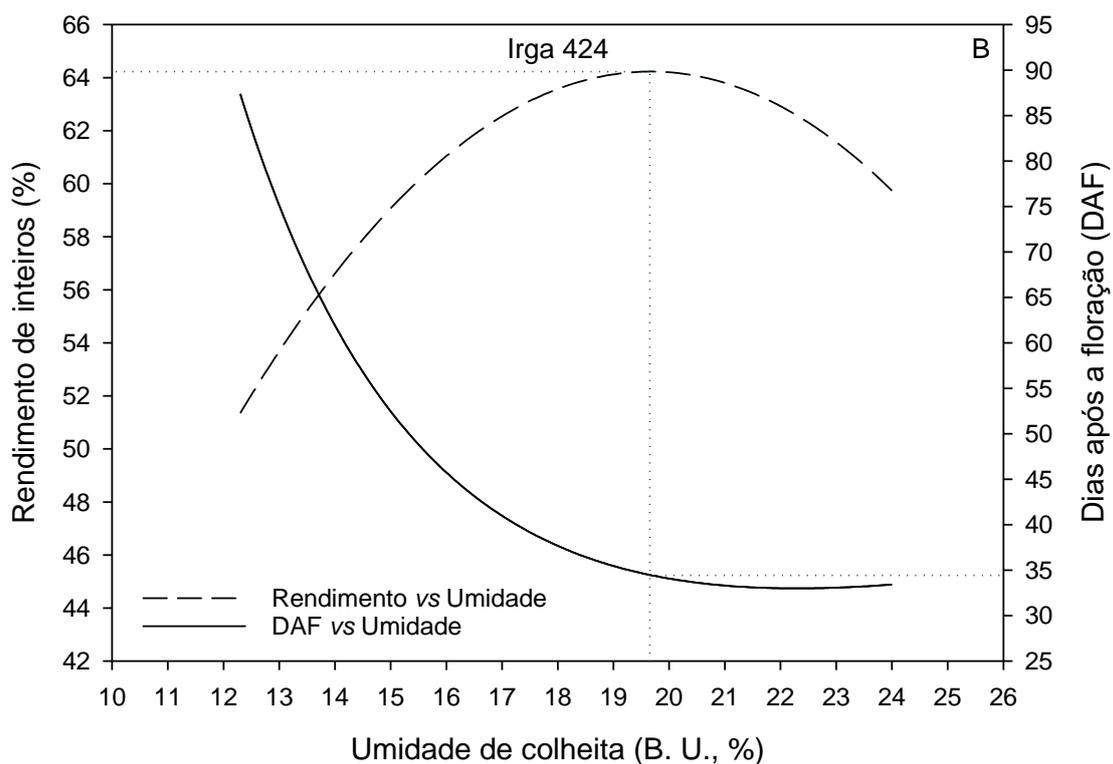
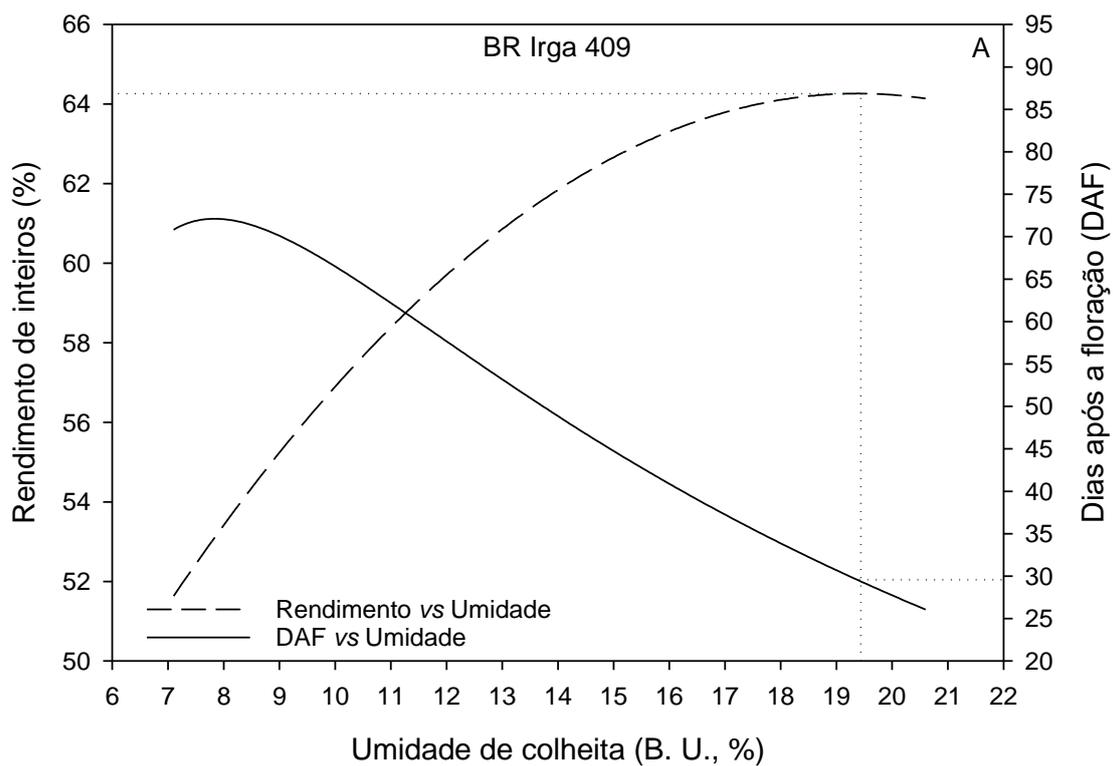


Figura 1 - Relação entre máximo rendimento de grãos inteiros e grau de umidade e a relação entre o número de dias após a floração e umidade dos genótipos de arroz BR IRGA 409 (A) e IRGA 424 (B).

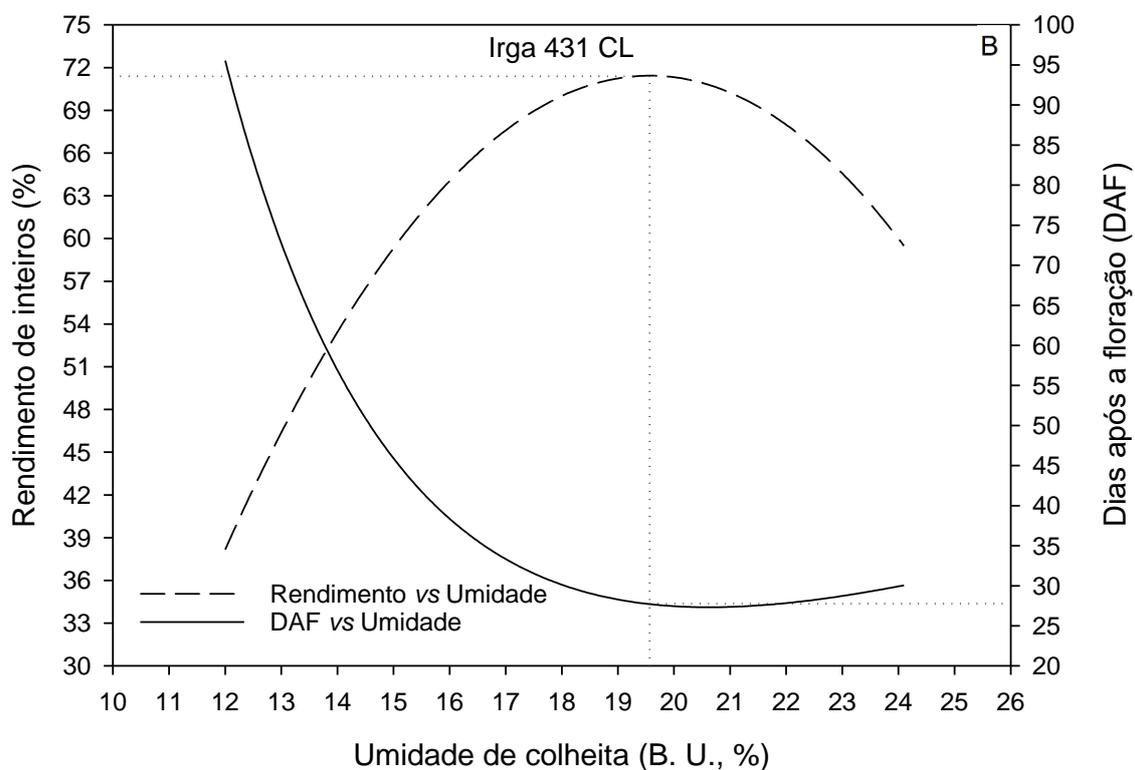
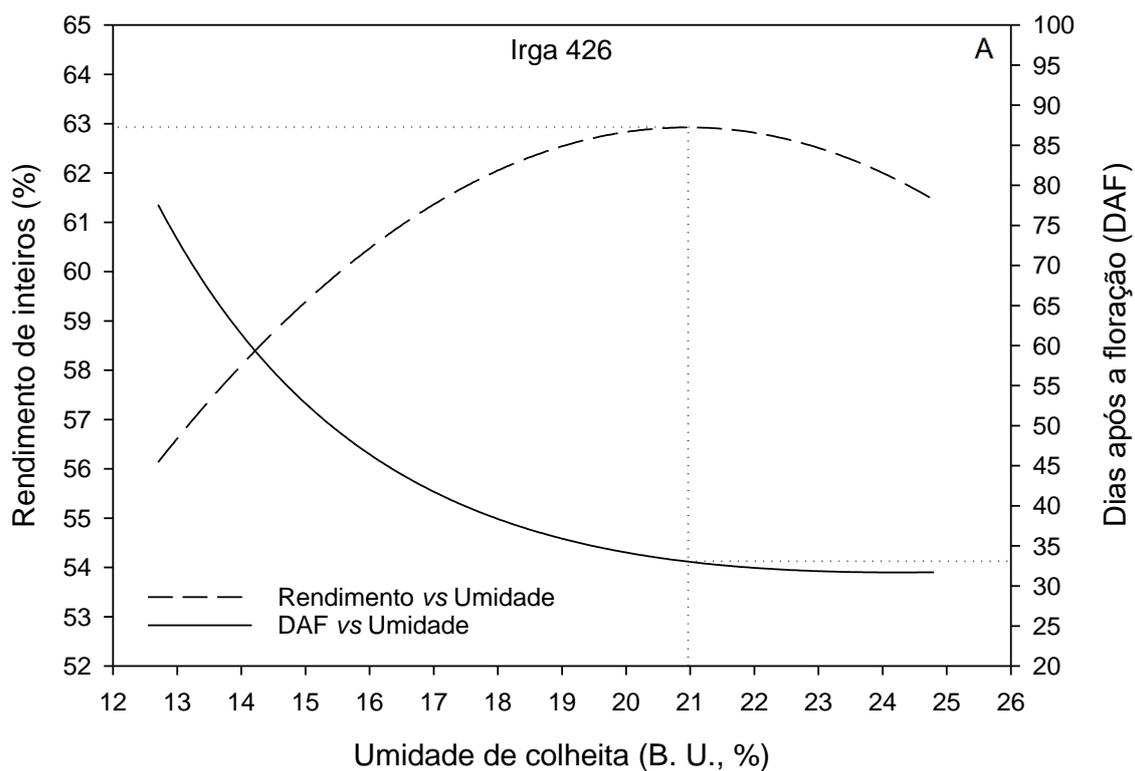


Figura 2- Relação entre máximo rendimento de grãos inteiros e grau de umidade e a relação entre o número de dias após a floração e umidade dos genótipos de arroz IRGA 426 (A) e IRGA 431 CL (B).

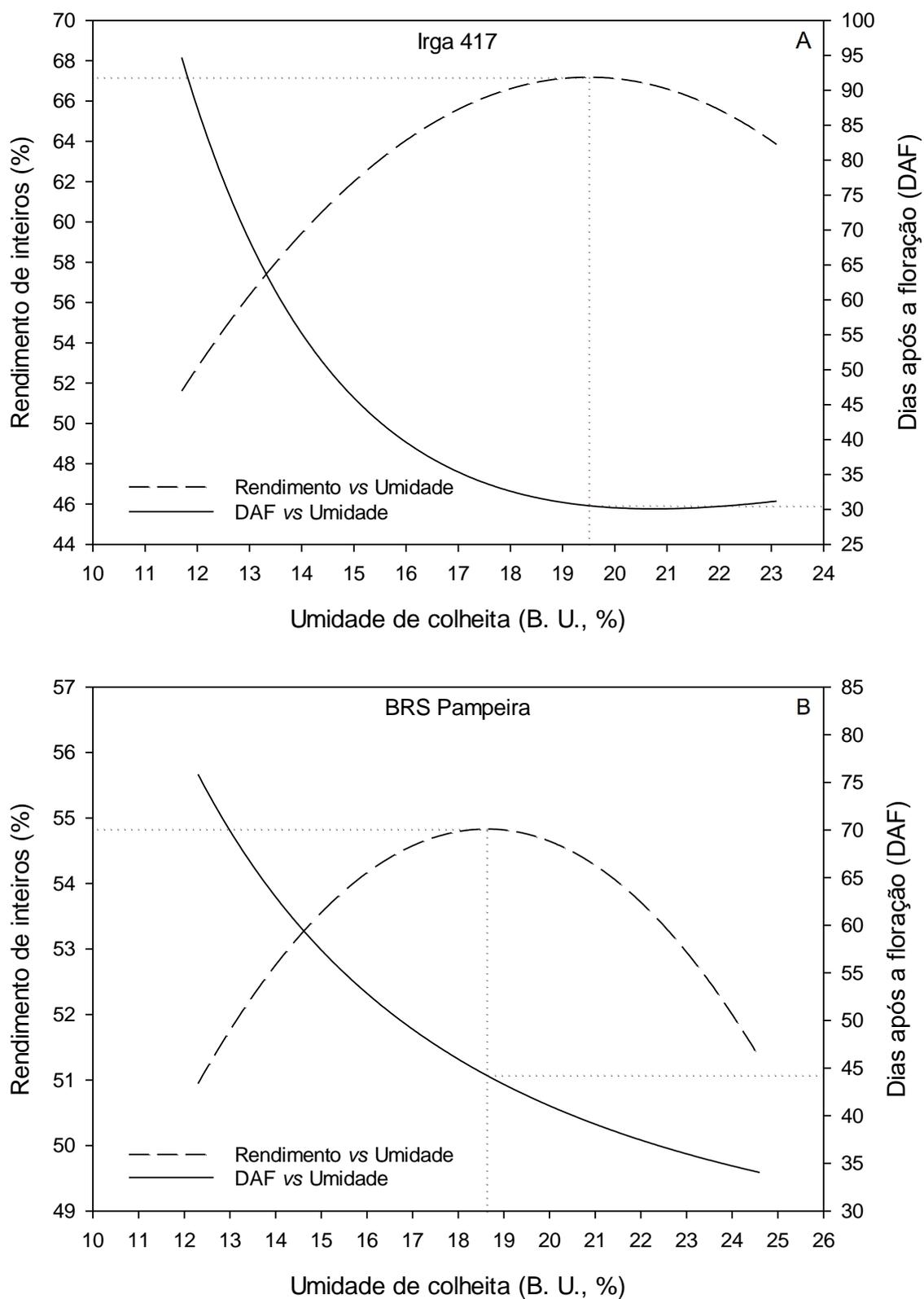


Figura 3- Relação entre máximo rendimento de grãos inteiros e grau de umidade e a relação entre o número de dias após a floração e umidade dos genótipos de arroz IRGA 417 (A) e BRS PAMPEIRA (B).

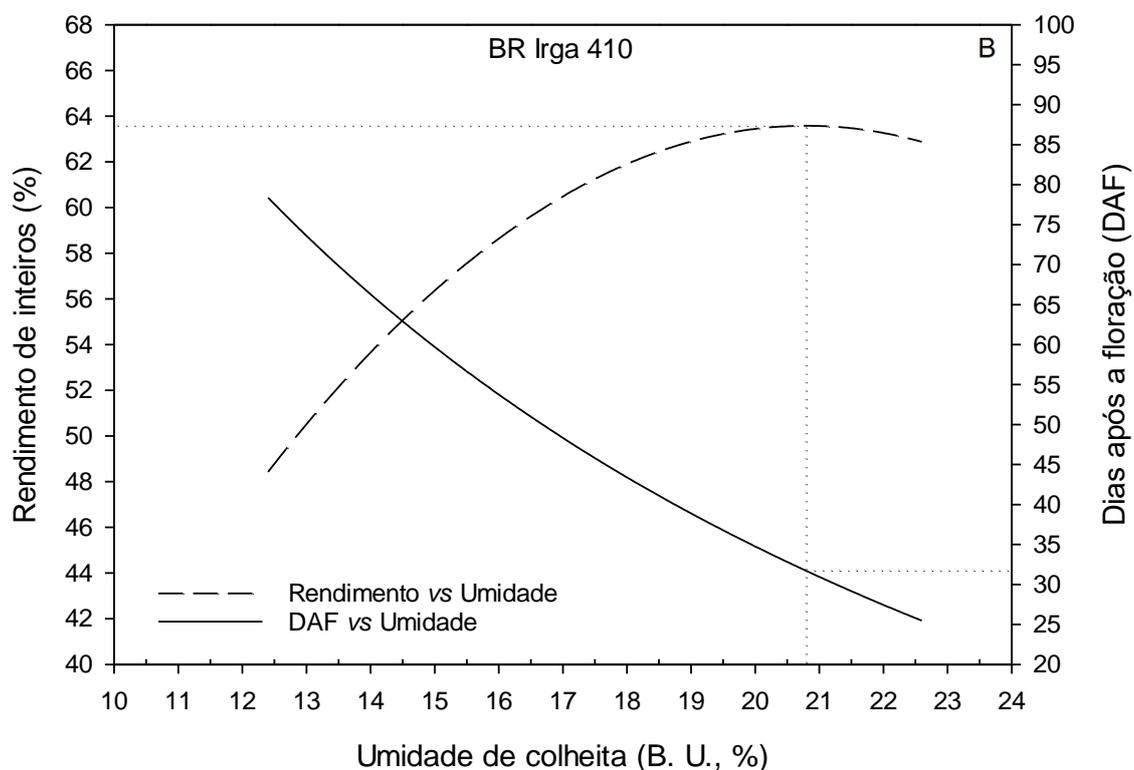
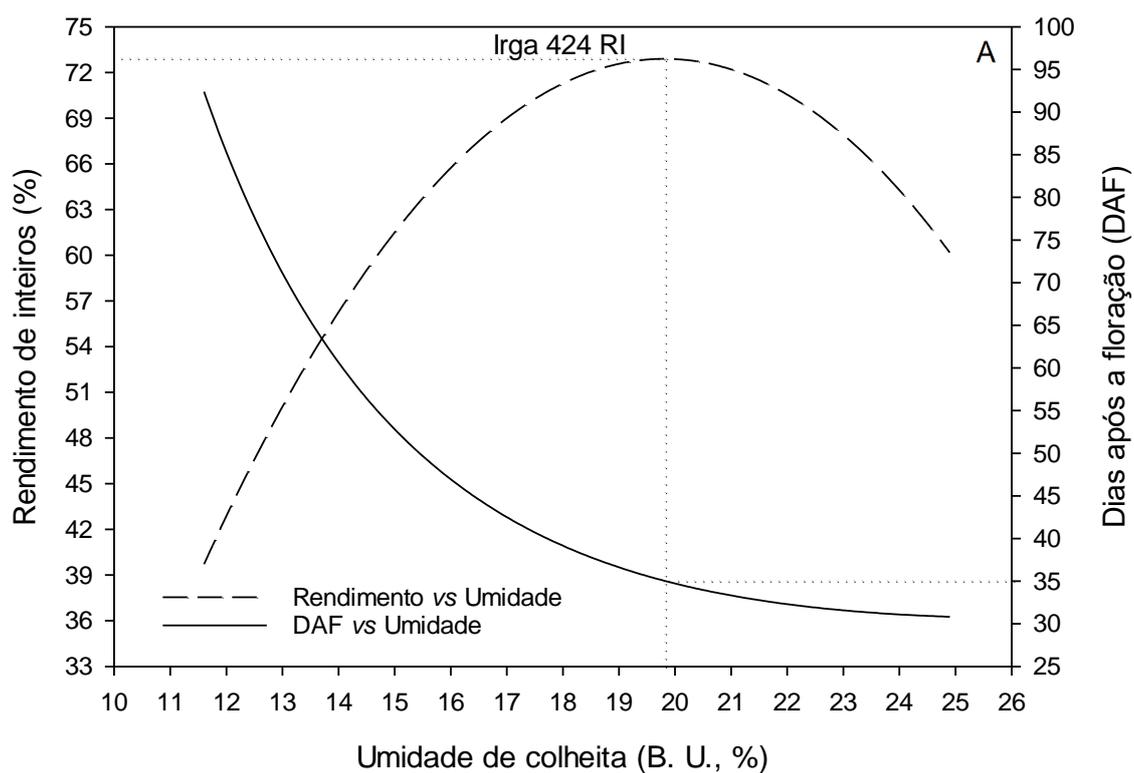


Figura 4- Relação entre máximo rendimento de grãos inteiros e grau de umidade e a relação entre o número de dias após a floração e umidade dos genótipos de arroz IRGA 424 RI (A) e BR-IRGA 410 (B).

Tabela 2 - Rendimento de grãos inteiros (%) de oito genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
BR Irga 409	64,11 ± 1,21 <sup>AB</sup>	62,82 ± 1,88 <sup>AB</sup>	59,94 ± 2,87 <sup>A</sup>	57,02 ± 2,20 <sup>AB</sup>	52,30 ± 0,96 <sup>A</sup>
Irga 424	60,30 ± 2,47 <sup>B</sup>	60,88 ± 3,97 <sup>AB</sup>	60,00 ± 0,92 <sup>A</sup>	58,91 ± 2,91 <sup>AB</sup>	49,21 ± 5,02 <sup>A</sup>
Irga 426	61,70 ± 0,11 <sup>AB</sup>	62,00 ± 1,91 <sup>AB</sup>	59,26 ± 2,29 <sup>A</sup>	58,43 ± 3,08 <sup>AB</sup>	53,66 ± 0,93 <sup>A</sup>
Irga 431 CL	63,03 ± 0,23 <sup>AB</sup>	61,47 ± 1,74 <sup>AB</sup>	59,18 ± 1,83 <sup>A</sup>	59,22 ± 2,70 <sup>AB</sup>	33,38 ± 0,64 <sup>C</sup>
Irga 417	64,52 ± 0,58 <sup>A</sup>	62,53 ± 2,44 <sup>AB</sup>	61,28 ± 2,10 <sup>A</sup>	61,44 ± 0,83 <sup>AB</sup>	49,05 ± 2,04 <sup>A</sup>
BRS Pampeira	52,76 ± 2,46 <sup>C</sup>	56,49 ± 0,12 <sup>B</sup>	51,07 ± 0,94 <sup>B</sup>	52,86 ± 2,27 <sup>B</sup>	51,76 ± 1,01 <sup>A</sup>
Irga 424 RI	64,96 ± 0,50 <sup>A</sup>	64,54 ± 2,34 <sup>A</sup>	64,64 ± 2,62 <sup>A</sup>	63,83 ± 4,61 <sup>A</sup>	38,48 ± 1,85 <sup>BC</sup>
BR Irga 410	62,36 ± 0,52 <sup>AB</sup>	64,68 ± 1,69 <sup>A</sup>	57,43 ± 5,89 <sup>AB</sup>	58,89 ± 4,84 <sup>AB</sup>	41,88 ± 0,27 <sup>B</sup>

Médias seguidas de mesmo símbolo não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 3 - Grau de umidade (%) de oito genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
BR Irga 409	19,90 ± 0,75 <sup>C</sup>	12,40 ± 0,95 <sup>B</sup>	11,57 ± 0,76 <sup>B</sup>	9,83 ± 2,37 <sup>B</sup>	9,77 ± 1,47 <sup>B</sup>
Irga 424	23,93 ± 0,12 <sup>AB</sup>	17,77 ± 1,10 <sup>A</sup>	13,83 ± 0,12 <sup>A</sup>	14,33 ± 0,06 <sup>A</sup>	12,67 ± 0,40 <sup>AB</sup>
Irga 426	24,45 ± 0,35 <sup>B</sup>	17,43 ± 1,72 <sup>A</sup>	14,60 ± 1,78 <sup>A</sup>	13,10 ± 0,30 <sup>A</sup>	12,87 ± 0,15 <sup>A</sup>
Irga 431 CL	23,17 ± 1,14 <sup>AB</sup>	16,00 ± 1,00 <sup>AB</sup>	14,80 ± 0,20 <sup>A</sup>	13,40 ± 0,62 <sup>A</sup>	12,43 ± 0,40 <sup>AB</sup>
Irga 417	22,85 ± 0,25 <sup>AB</sup>	16,40 ± 0,78 <sup>A</sup>	14,47 ± 0,70 <sup>A</sup>	13,07 ± 0,40 <sup>A</sup>	12,00 ± 0,36 <sup>AB</sup>
BRS Pampeira	23,17 ± 1,27 <sup>AB</sup>	17,40 ± 2,07 <sup>A</sup>	16,20 ± 2,10 <sup>A</sup>	13,30 ± 1,00 <sup>A</sup>	13,05 ± 0,15 <sup>A</sup>
Irga 424 RI	24,00 ± 0,79 <sup>AB</sup>	18,07 ± 1,85 <sup>A</sup>	14,70 ± 0,52 <sup>A</sup>	14,17 ± 0,42 <sup>A</sup>	12,30 ± 0,61 <sup>AB</sup>
BR Irga 410	22,20 ± 0,40 <sup>A</sup>	18,35 ± 0,35 <sup>A</sup>	16,10 ± 0,30 <sup>A</sup>	12,80 ± 0,40 <sup>A</sup>	13,20 ± 0,00 <sup>A</sup>

Médias seguidas de mesmo símbolo não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 4- Estimativa de máximo rendimento de grãos inteiros, grau de umidade de colheita e número de dias após a floração (DAF) de oito genótipos de arroz, com suas respectivas equações ajustadas

Genótipo	Rendimento de grãos inteiros (%)	Grau de umidade (%)	DAF	Identificação das equações	Equações	R <sup>2</sup>
BR-IRGA 409	64,25	19,4	30	Rendimento vs U	$y = 32,789 + 3,250x - 0,084x^2$	0,7559
				DAF vs U	$y = -47,829 + (1879,731 / x) + (-7364,846 / x^2)$	0,7676
IRGA 424	64,23	19,7	35	Rendimento vs U	$y = -27,749 + 9,36x - 0,238x^2$	0,7000
				DAF vs U	$y = 115,461 + (-3675,610 / x) + (40961,135 / x^2)$	0,9350
IRGA 426	62,94	21	33	Rendimento vs U	$y = 19,170 + 4,1757x - 0,0996x^2$	0,7135
				DAF vs U	$y = 87,374 + (-2698,619 / x) + (32694,562 / x^2)$	0,8697
IRGA 431 CL	71,43	19,6	28	Rendimento vs U	$y = -151,107 + 22,749x - 0,581x^2$	0,8139
				DAF vs U	$y = 159,343 + (-5446,219 / x) + (56168,473 / x^2)$	0,9432
IRGA 417	67,19	19,5	31	Rendimento vs U	$y = -30,257 + 9,997x - 0,256x^2$	0,8250
				DAF vs U	$y = 137,860 + (-4474,437 / x) + (46440,882 / x^2)$	0,9530
BRS PAMPEIRA	54,83	18,6	44	Rendimento vs U	$y = 21,056 + 3,629x - 0,098x^2$	0,5544
				DAF vs U	$y = 21,842 + (-63,625 / x) + (8953,813 / x^2)$	0,8896
IRGA 424 RI	72,91	19,8	35	Rendimento vs U	$y = -120,155 + 19,486x - 0,492x^2$	0,8292
				DAF vs U	$y = 67,054 + (-1945,087 / x) + (25972,371 / x^2)$	0,9590
BR-IRGA 410	63,58	20,8	32	Rendimento vs U	$y = -29,487 + 8,955x - 0,215x^2$	0,6570
				DAF vs U	$y = -57,500 + (2106,834 / x) + (-5231,763 / x^2)$	0,8329

Para validação do modelo matemático foi considerado  $R^2 \geq 0,8$ . Conforme a Tabela 4, foi possível observar que os modelos foram validados para os genótipos IRGA 431 CL, IRGA 417 e IRGA 424 RI para as duas condições estudadas, rendimento vs umidade e DAF vs umidade. Contudo, o genótipo IRGA 424, IRGA 426, BRS PAMPEIRA e BR-IRGA 410 foram validados somente para DAF vs umidade. As equações que apresentaram  $R^2$  inferior a 0,8 sugerem que a variável explicativa, umidade (U), não foi suficiente para gerar um modelo ajustável para a variável resposta (rendimento e DAF).

Infield e Silveira Junior (1984) e Marchezan et al. (1993) verificaram em seus estudos que o intervalo de 5 dias antes ou 5 dias após o momento de máximo rendimento de grãos inteiros é perfeitamente seguro para a colheita. Sendo assim, circunstâncias inadequadas de colheita devido a condições climáticas ou falhas de mecanização podem não interferir significativamente no rendimento de grãos inteiros desde que colhidos dentro deste período considerado seguro.

Os resultados encontrados nos diferentes genótipos estão de acordo com as afirmações de Castro et al. (1999), Soares (2001) e Smiderle e Dias (2008), de que a colheita tardia resulta em redução no rendimento de grãos inteiros devido a contração dos grãos a ação do calor nas horas mais quentes do dia, e por reidratação dos grãos devido à chuva, orvalho ou umidade relativa do ar superior a umidade dos grãos. No entanto, é válido ressaltar que o rendimento de grãos inteiros também pode ser reduzido em colheitas antecipadas devido ao alto teor de grãos verdes, gessados e mal formados (RIBEIRO et al., 2004). Além disso, outras características dos grãos como capacidade de absorção de água, dureza, comprimento, largura, espessura, dentre outros, também podem afetar o percentual de inteiros (MARCHEZAN et al., 1993).

Esta pesquisa retrata que o RI de diferentes genótipos de arroz responde de forma variada ao atraso na colheita. Ademais, evidência que o grau de umidade e o número de dias após a floração são fatores fundamentais na decisão de quando colher o arroz para se obter um produto de alta qualidade.

Os resultados permitem atestar que o atraso na colheita do arroz causa redução do rendimento de grãos inteiros. Por isso, é de suma importância colher na época certa, nas datas e graus de umidade adequados que permitam o máximo rendimento de grãos inteiros para cada genótipo.

## 5.2 Efeito da época de colheita nas propriedades tecnológicas dos genótipos de arroz

Nesta seção serão traçados gráficos de curvas de regressão polinomial quadráticas onde cada curva representará um genótipo de arroz submetido ao atraso na colheita com base nas características analisadas como dimensão, textura, cor, brancura, gessados, percentual de grãos com fissuras, tempo de cocção e capacidade de absorção de água (CAA). Desta forma, será possível observar o efeito do atraso na colheita em 30, 40, 50, 60 e 90 dias após floração (DAF) nas características tecnológicas de cada genótipo.

O grau de brancura e o perfil colorimétrico estão associados a qualidade, maturação e comercialização dos grãos. Os parâmetros colorimétricos foram definidos a partir de valores onde  $L^*$  (100 = branco e 0 = preto),  $a^*$  (positivo = vermelho e negativo = verde) e  $b^*$  (positivo = amarelo e negativo = azul).

Grãos de coloração esverdeada estão associados a imaturidade, formação incompleta dos grânulos de amido e são mais suscetíveis a quebra (RIBEIRO et al., 2004; SMIDERLE; DIAS, 2008; DONG et al., 2012). Por outro lado, maiores valores de  $a^*$  indicam maturidade (PÁDUA et al., 2009). O grau de brancura, a luminosidade e  $b^*$  estão associados a comercialização do arroz, pois consumidores brasileiros preferem grãos de aspecto bastante esbranquiçado. Maiores valores do grau de brancura e luminosidade resultam em grãos mais esbranquiçados e menores valores de  $b^*$  resultam em menos amarelados.

O genótipo IRGA 409 apresentou maior luminosidade dos grãos integrais a 50 DAF, IRGA 424 RI em 60 DAF, BRS PAMPEIRA a 70 DAF, IRGA 426, IRGA 417 e BR-IRGA 410 em 80 DAF e IRGA 424 e IRGA 431 CL em 90 DAF (Figura 5). Enquanto a maior luminosidade para os grãos polidos foi a 70 DAF para o genótipo BR-IRGA 409, 80 DAF para IRGA 426, IRGA 417 e BRS PAMPEIRA e 90 DAF para IRGA 424, IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410 (Figura 6). Os maiores valores de  $a^*$  foram encontrados em 70 DAF no arroz integral (Figura 7), enquanto no arroz polido, os maiores valores de  $a^*$  foram encontrados aos 60 DAF para BRS PAMPEIRA, 70 DAF para IRGA 424 RI e IRGA 424, 80 DAF para IRGA 417 e 90 DAF para BR-IRGA 409, IRGA 426, IRGA 431

CL e BR-IRGA 410 (Figura 8). Os menores valores do parâmetro  $b^*$  para os grãos integrais foram identificados aos 60 DAF para o genótipo IRGA 424, 70 DAF para BRS PAMPEIRA, 80 DAF para IRGA 426, IRGA 417 e IRGA 424 RI e 90 DAF para BR-IRGA 409, IRGA 431 CL e BR-IRGA 410 (Figura 9), enquanto para os grãos polidos foi identificado o menor valor de  $b^*$  aos 30 DAF para IRGA 431 CL, 50 DAF para BR-RGA 410, 60 DAF para BR-IRGA 409, IRGA 424, IRGA 426, IRGA 417 e IRGA 424 RI e 70 DAF para BRS PAMPEIRA (Figura 10).

A análise de brancura pode contribuir no perfil colorimétrico dos grãos. Maiores valores de brancura foram obtidos a 60 DAF para IRGA 426 e IRGA 431 CL, 70 DAF para IRGA 424, IRGA 417, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410 e 80 DAF para BR-IRGA 409 e BRS PAMPEIRA.

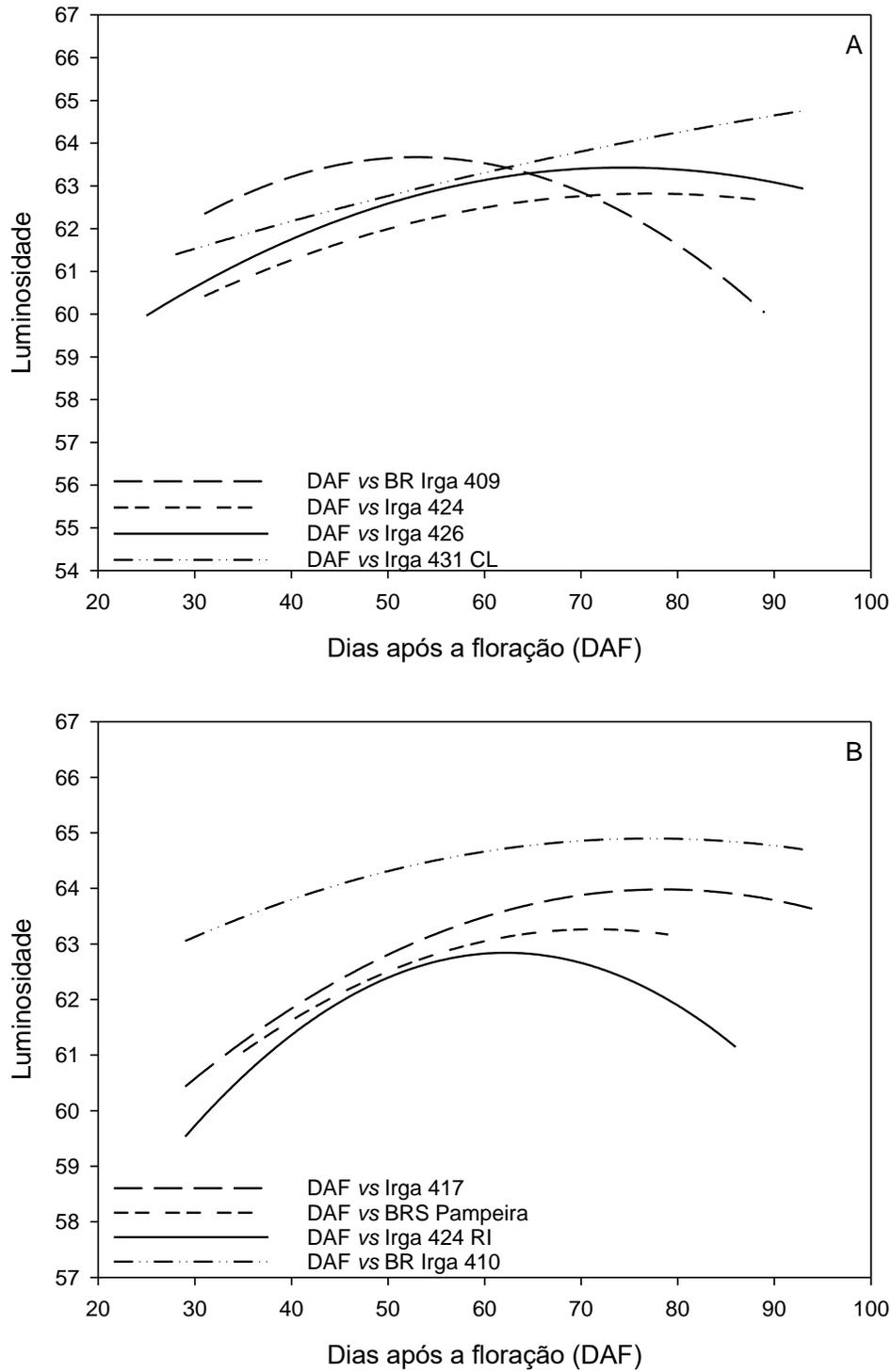


Figura 5- Relação entre a luminosidade dos grãos integrais e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

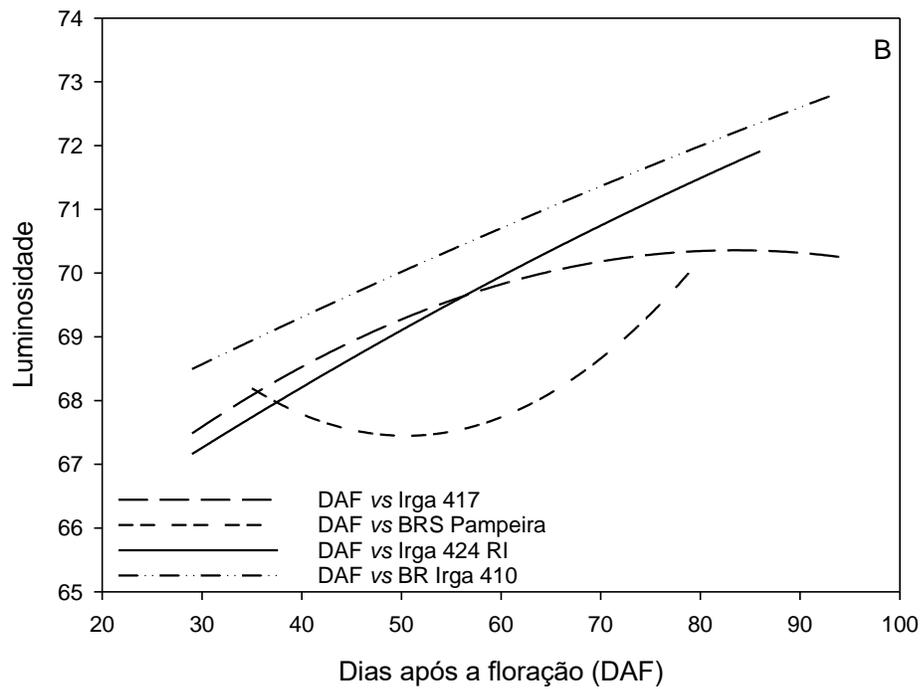
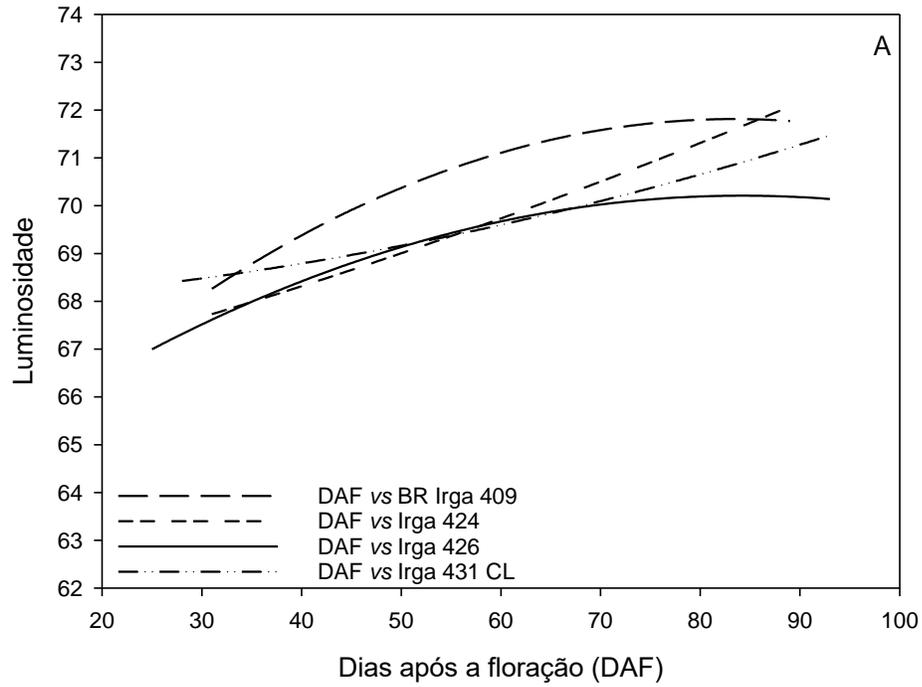


Figura 6- Relação entre a luminosidade dos grãos polidos número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

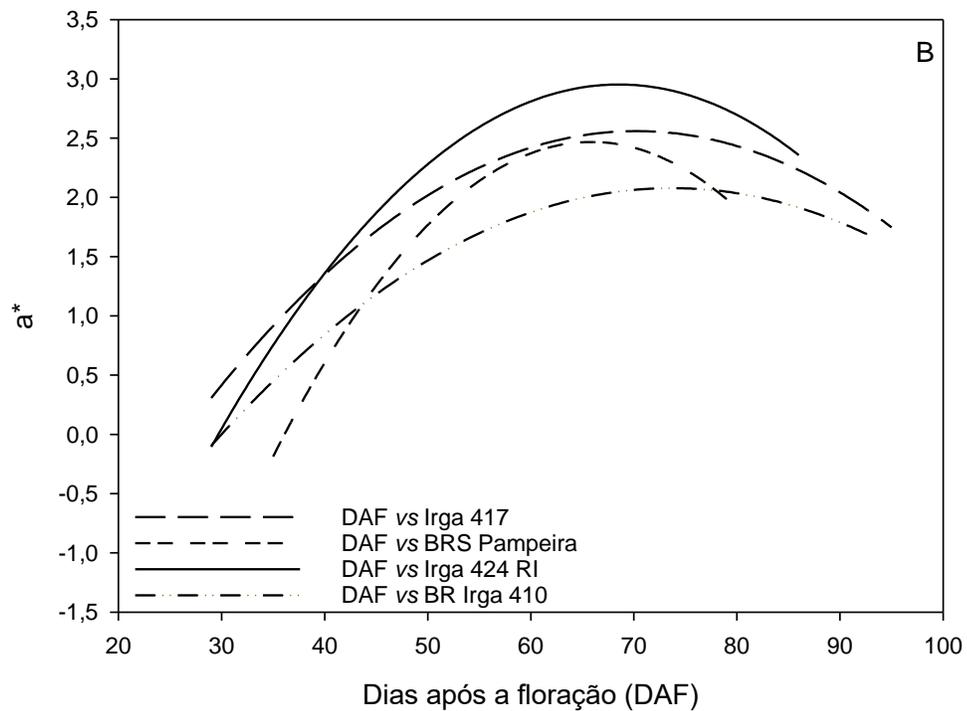
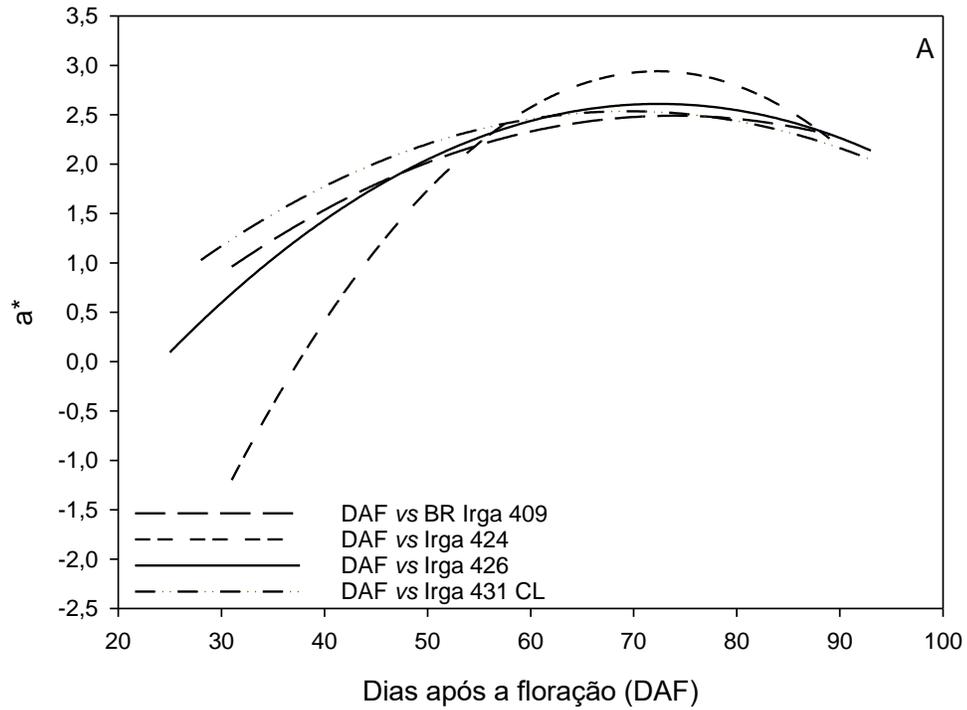


Figura 7- Relação entre a coordenada  $a^*$  dos grãos integrais e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

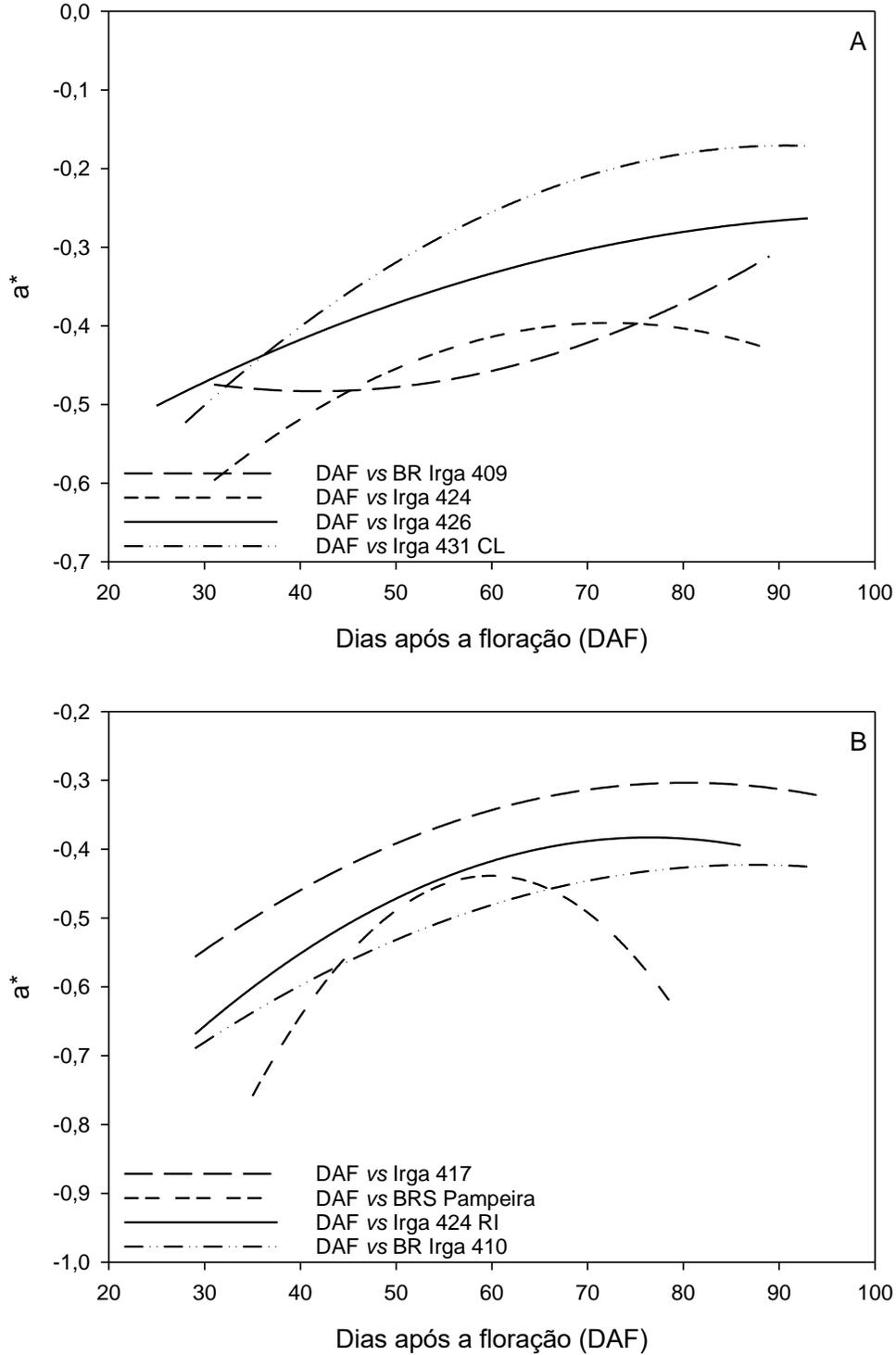


Figura 8- Relação entre a coordenada  $a^*$  dos grãos polidos e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

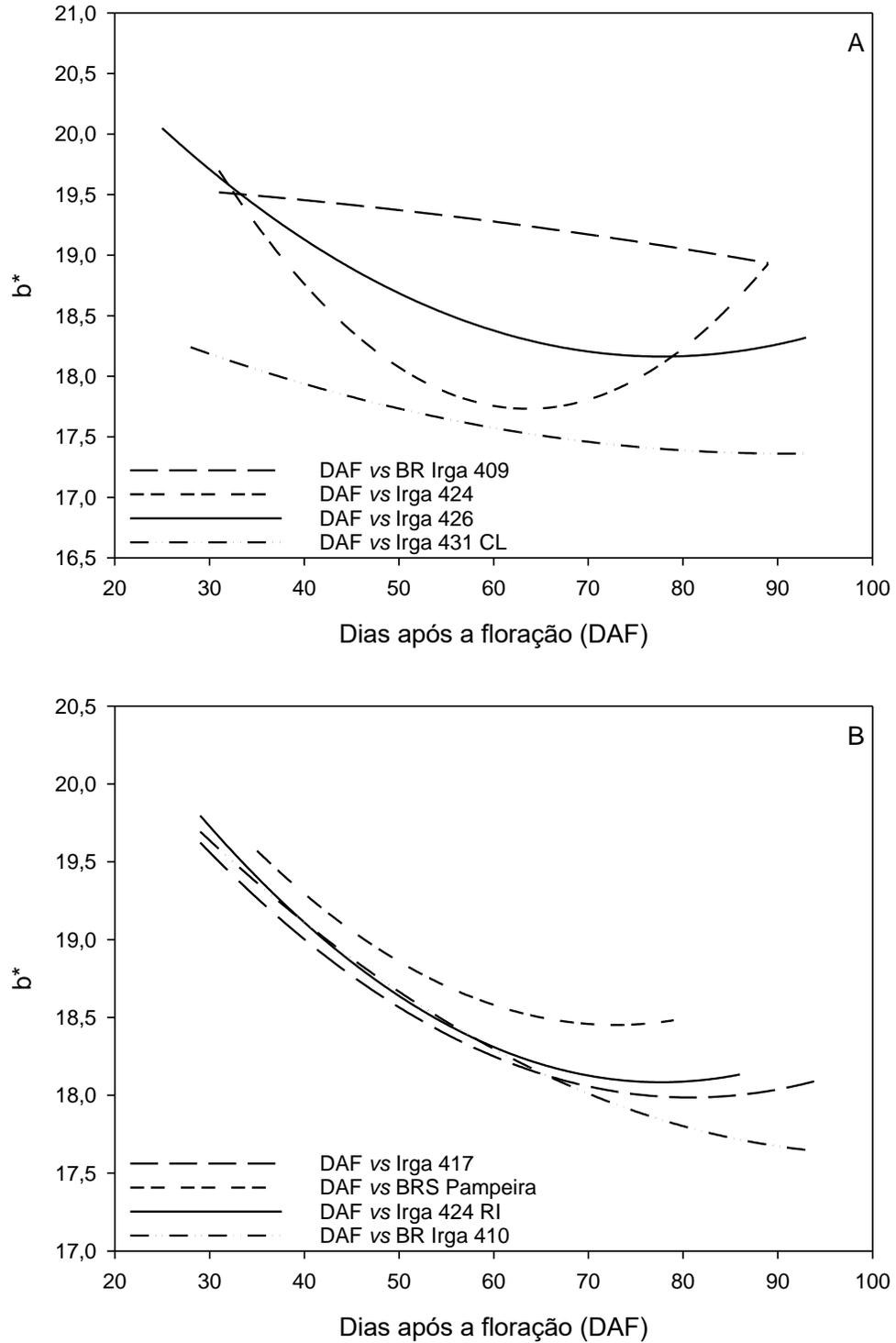


Figura 9- Relação entre a coordenada  $b^*$  dos grãos integrais e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

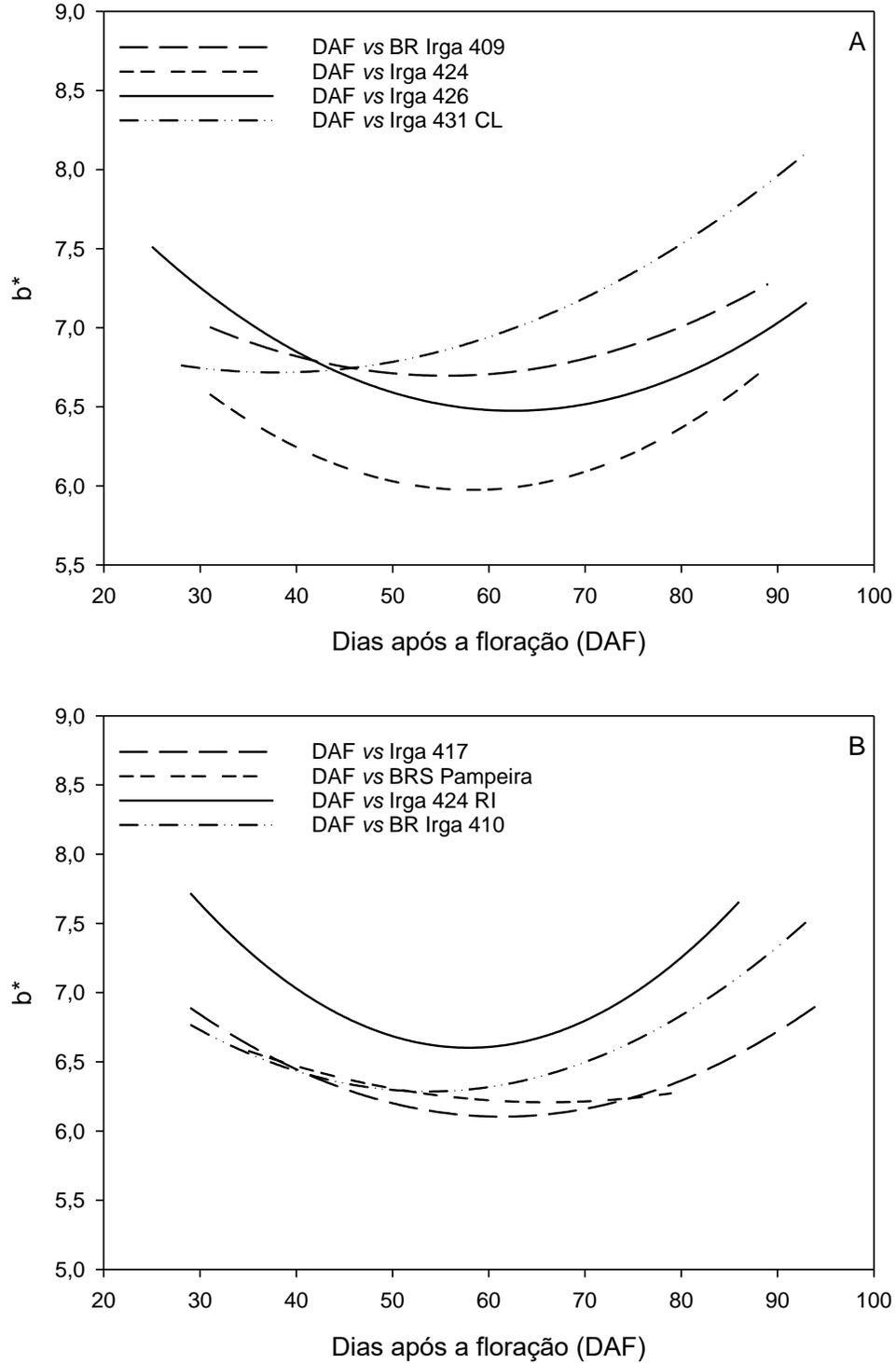


Figura 10- Relação entre a coordenada  $b^*$  dos grãos polidos e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

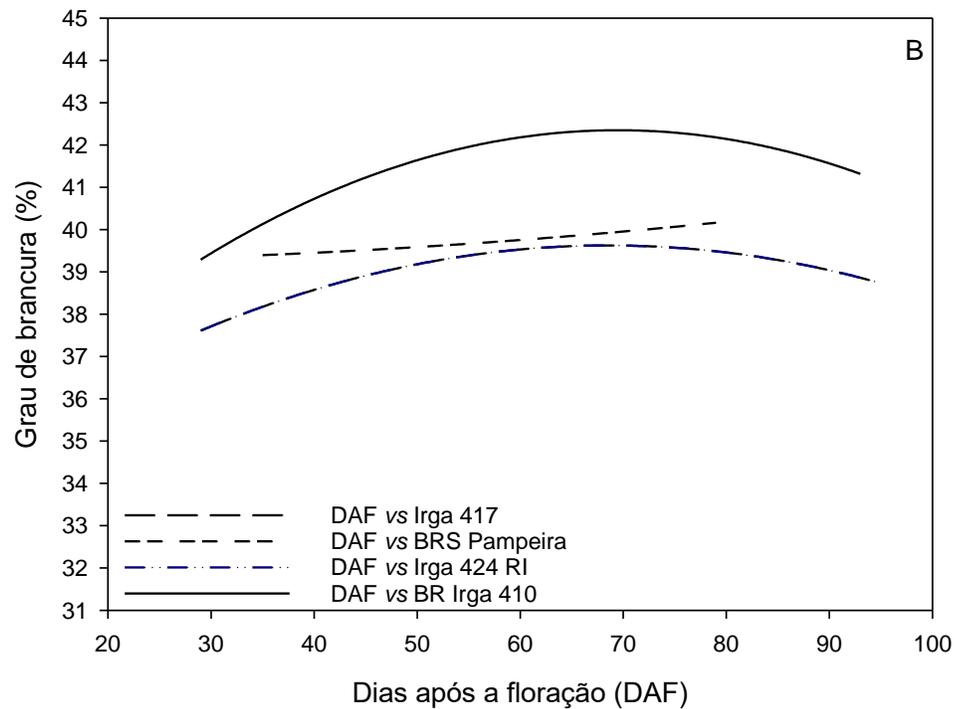
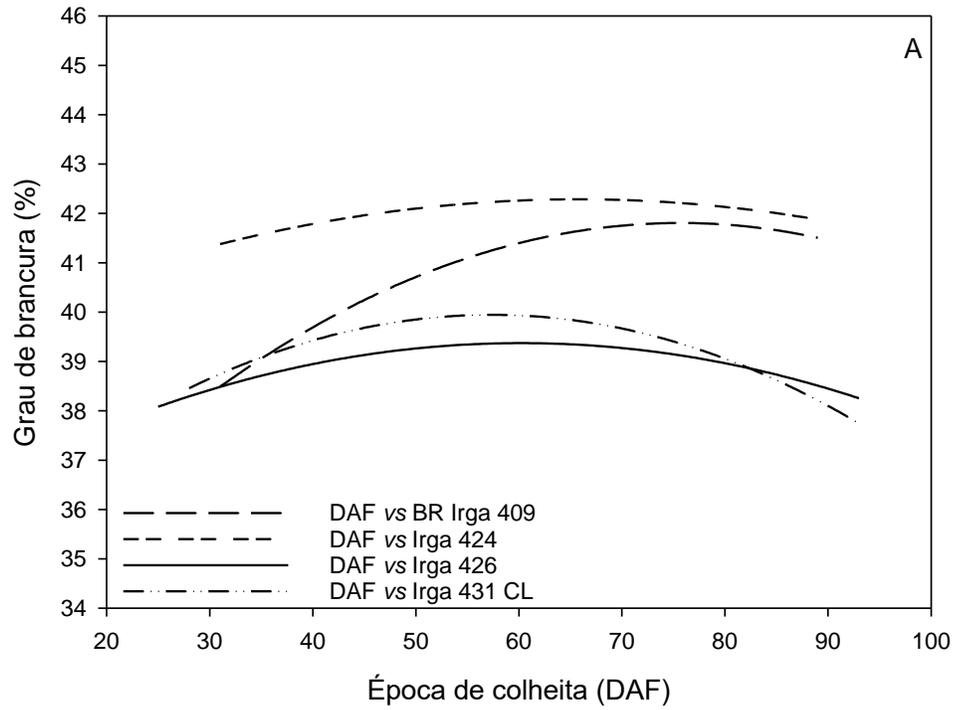


Figura 11- Relação entre o grau de brancura (%) e número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

Para observar o efeito da época de colheita na cor dos grãos integrais e polidos, foi realizada análises de regressão polinomial (Tabela 5). Para grãos integrais, obteve-se a validação dos modelos matemáticos: L para IRGA 417,  $a^*$  para todos os genótipos analisados e  $b^*$  para IRGA 424, IRGA 426, IRGA 417, BRS PAMPEIRA, IRGA 424 RI e IRGA 410. Para grãos polidos, obteve-se a validação dos modelos matemáticos: L para IRGA 409, IRGA 426, IRGA 417, IRGA 424 RI e IRGA 410,  $a^*$  para IRGA 431 CL, BRS PAMPEIRA, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410 e  $b^*$  para IRGA 424, IRGA 431 CL, IRGA 417, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410. Contudo, não foi possível validar nenhum modelo matemático descrito para brancura.

Para validação do modelo matemático foi considerado  $R^2 \geq 0,8$ . As equações que apresentaram  $R^2$  inferior a 0,8 sugerem que a variável explicativa, época de colheita (DAF), não foi suficiente para gerar um modelo ajustável para a variável resposta perfil colorimétrico, tanto para os grãos integrais quanto para os grãos polidos.

Tabela 5 - Equações de regressão polinomial do perfil colorimétrico dos genótipos de arroz em relação ao atraso da colheita

Genótipo	Equações	R <sup>2</sup>
<b><i>Luminosidade dos grãos integrais</i></b>		
BR-IRGA 409	$y = 55,8976 + 0,2942x - 0,0028x^2$	0,7818
IRGA 424	$y = 56,0976 + 0,1747x - 0,0011x^2$	0,6915
IRGA 426	$y = 55,5672 + 0,2114x - 0,0014x^2$	0,7764
IRGA 431 CL	$y = 59,312 + 0,0813x - 0,0002x^2$	0,486
IRGA 417	$y = 55,0535 + 0,2276x - 0,0015x^2$	0,8126
BRS PAMPEIRA	$y = 54,7577 + 0,2385x + 0,0017x^2$	0,7394
IRGA 424 RI	$y = 51,2316 + 0,3732x - 0,003x^2$	0,6015
BR-IRGA 410	$y = 60,1637 + 0,1226x - 0,0008x^2$	0,6751
<b><i>Parâmetro a* dos grãos integrais</i></b>		
BR-IRGA 409	$y = -2,0517 + 0,1231x - 0,0008x^2$	0,8748
IRGA 424	$y = -9,7556 + 0,3514x - 0,0024x^2$	0,98
IRGA 426	$y = -3,2572 + 0,162x - 0,0011x^2$	0,8435
IRGA 431 CL	$y = -1,6985 + 0,122x - 0,0009x^2$	0,8884
IRGA 417	$y = -9,9722 + 0,186x - 0,0013x^2$	0,8892
BRS PAMPEIRA	$y = -9,6279 + 0,3674x - 0,0028x^2$	0,9245
IRGA 424 RI	$y = -6,2344 + 0,2681x - 0,002x^2$	0,9543
BR-IRGA 410	$y = -3,8291 + 0,1603x - 0,0011x^2$	0,9594
<b><i>Parâmetro b* dos grãos integrais</i></b>		
BR-IRGA 409	$y = 19,6632 - 0,0028x - 6,0518E-005x^2$	0,4011
IRGA 424	$y = 25,222 - 0,2356x + 0,0019x^2$	0,9124
IRGA 426	$y = 22,2587 - 0,1053x + 0,0007x^2$	0,9351
IRGA 431 CL	$y = 19,1964 - 0,0403x + 0,0002x^2$	0,7042
IRGA 417	$y = 21,9705 - 0,0986x + 0,0006x^2$	0,8702
BRS PAMPEIRA	$y = 22,6043 - 0,1141x + 0,0008x^2$	0,8334
IRGA 424 RI	$y = 22,4443 - 0,1123x + 0,0007x^2$	0,8191
BR-IRGA 410	$y = 21,6887 - 0,0803x + 0,0004x^2$	0,95

Continuação da Tabela 5

Genótipo	Equações	R <sup>2</sup>
<b>Luminosidade dos grãos polidos</b>		
BR-IRGA 409	$y = 62,8074 + 0,2163x - 0,0013x^2$	0,8847
IRGA 424	$y = 65,9603 + 0,051x + 0,0002x^2$	0,6295
IRGA 426	$y = 63,7139 + 0,1542x - 0,0009x^2$	0,8633
IRGA 431 CL	$y = 97,9175 + 0,0095x + 0,0003x^2$	0,787
IRGA 417	$y = 63,6138 + 0,1615x - 0,001x^2$	0,8093
BRS PAMPEIRA	$y = 75,4461 - 0,3176x + 0,0032x^2$	0,7078
IRGA 424 RI	$y = 64,1128 + 0,1124x - 0,0003x^2$	0,8848
BR-IRGA 410	$y = 66,1932 + 0,0831x - 0,0001x^2$	0,9889
<b>Parâmetro a* dos grãos polidos</b>		
BR-IRGA 409	$y = -0,3515 - 0,0063x + 7,625E-005x^2$	0,7675
IRGA 424	$y = -1,0106 + 0,017x - 0,0001x^2$	0,7535
IRGA 426	$y = -0,6812 + 0,0082x - 3,9588E-005x^2$	0,6937
IRGA 431 CL	$y = -0,9077 + 0,0162x - 8,9545E-005x^2$	0,8243
IRGA 417	$y = -0,9232 + 0,0154x - 9,6150E-005x^2$	0,7492
BRS PAMPEIRA	$y = -2,295 + 0,062x - 0,0005x^2$	0,9138
IRGA 424 RI	$y = -1,1248 + 0,0194x - 0,0001x^2$	0,9057
BR-IRGA 410	$y = -1,022 + 0,0138x - 7,8916E-005x^2$	0,8467
<b>Parâmetro b* dos grãos polidos</b>		
BR-IRGA 409	$y = 8,2811 - 0,0572x + 0,0005x^2$	0,6717
IRGA 424	$y = 8,7548 - 0,0956x + 0,0008x^2$	0,8518
IRGA 426	$y = 9,3545 - 0,0921x + 0,0007x^2$	0,6234
IRGA 431 CL	$y = 7,3732 - 0,0346x + 0,0005x^2$	0,9479
IRGA 417	$y = 8,9294 - 0,0921x + 0,0008x^2$	0,8383
BRS PAMPEIRA	$y = 7,891 - 0,051x + 0,0004x^2$	0,3359
IRGA 424 RI	$y = 11,0824 - 0,1548x + 0,0013x^2$	0,8925
BR-IRGA 410	$y = 8,5662 - 0,085x + 0,0008x^2$	0,913
<b>Brancura</b>		
BR-IRGA 409	$y = 32,280 + 0,252x - 0,0017x^2$	0,563
IRGA 424	$y = 39,038 + 0,099x - 0,0008x^2$	0,185
IRGA 426	$y = 35,603 + 0,1252x - 0,001x^2$	0,231
IRGA 431 CL	$y = 34,265 + 0,1982x - 0,0017x^2$	0,674
IRGA 417	$y = 33,584 + 0,176x - 0,0013x^2$	0,35
BRS PAMPEIRA	$y = 39,2351 - 0,001x + 0,0002x^2$	0,223
IRGA 424 RI	$y = 33,584 + 0,176x - 0,0013x^2$	0,35
BR-IRGA 410	$y = 33,340 + 0,259x - 0,0019x^2$	0,712

As fissuras são fraturas internas, usualmente perpendiculares ao comprimento do grão (VELUPILLAI; PANDEY, 1990), que podem fazer com que o grão de arroz quebre durante o beneficiamento (VELUPILLAI; PANDEY, 1990), diminuindo o rendimento de grãos inteiros e, conseqüentemente, o valor do produto final. Dessa forma, para os grãos apresentarem uma maior qualidade, é importante que o percentual de grãos com fissuras seja o menor possível. Já a adesividade é a força negativa obtida durante o retorno da haste após os grãos serem comprimidos até 90% de sua espessura (REWTHONG et al., 2011). Um arroz menos adesivo resulta em menor “pegajosidade”. Desta forma, para os grãos apresentarem maior apreciação dos consumidores brasileiros, que tem preferência por arroz solto após o cozimento, é importante que a adesividade seja a menor.

Os oito genótipos analisados apresentaram os menores valores do percentual de grãos com fissuras (Figura 12) e adesividade (Figura 17) aos 30 DAF.

A força de ruptura é a força necessária capaz de quebrar o grão. Desta forma, o maior valor da força de ruptura indica maior resistência e qualidade dos grãos. Esta força está correlacionada com a espessura (LU; SIEBENMORGEN, 1995; QIN; SIEBENMORGEN, 2005) e a porcentagem de fissuras (NGUYEN; KUNZE, 1984). Onde grãos mais finos e mais fissurados apresentam menores forças de ruptura, enquanto grãos mais grossos tendem a ser mais resistentes.

A maior força de ruptura foi obtida aos 50 DAF para os genótipos IRGA 424 e IRGA 424 RI, 60 DAF para BR-IRGA 409, IRGA 431 CL e BRS PAMPEIRA, 70 DAF para IRGA 426 e IRGA 417 e 80 DAF para BR-IRGA 410 (Figura 13).

O tempo de cocção é o tempo que o arroz leva até que 90% dos grãos estejam cozidos (JULIANO; BECHTEL, 1985) e a capacidade de absorção de água (CAA) é a quantidade de água absorvida pelo arroz durante a cocção (OKEZIE; BELLO, 1988). Esses parâmetros estão relacionados com a porcentagem de grãos com fissuras e grãos gessados. Grãos com maior porcentagem de gessados (LANG et al., 2012; ZHANG et al., 2009) e fissuras (MOHORIC et al., 2004; SOUZA et al., 2018) resultam em maior capacidade de absorção de água, redução da dureza e menor tempo de cocção. Apesar da maior quantidade de grãos fissurados e gessados serem parâmetros negativos, o menor tempo de cocção é de grande importância, pois consumidores brasileiros esperam

um cozimento rápido. Com relação à CAA, para se obter qualidade dos grãos é interessante obter valores intermediários, pois menores valores podem causar dureza nos grãos e maiores podem causar maior adesividade. Neste caso, os genótipos apresentaram valores intermediários de CAA durante todo o período de colheita analisado (Figura 15). O menor tempo de cocção foi observado aos 30 DAF para os genótipos IRGA 424, IRGA 426, BRS PAMPEIRA, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410, 60 DAF para IRGA 431 CL, 70 DAF para IRGA 417 e 80 DAF para BR-IRGA 409 (Figura 14).

A dureza é a força máxima obtida no primeiro ciclo de compressão após os grãos serem comprimidos até 90% de sua espessura após o cozimento (REWTHONG et al., 2011). Uma maior dureza indica grãos mais duros. Desta forma, para que os grãos apresentem maior maciez, o menor valor de dureza é o ideal.

A menor dureza foi obtida aos 90 DAF para BR-IRGA 409, IRGA 426, IRGA 431 CL, IRGA 417, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410, aos 80 DAF para BRS PAMPEIRA e 40 DAF para IRGA 424 (Figura 16).

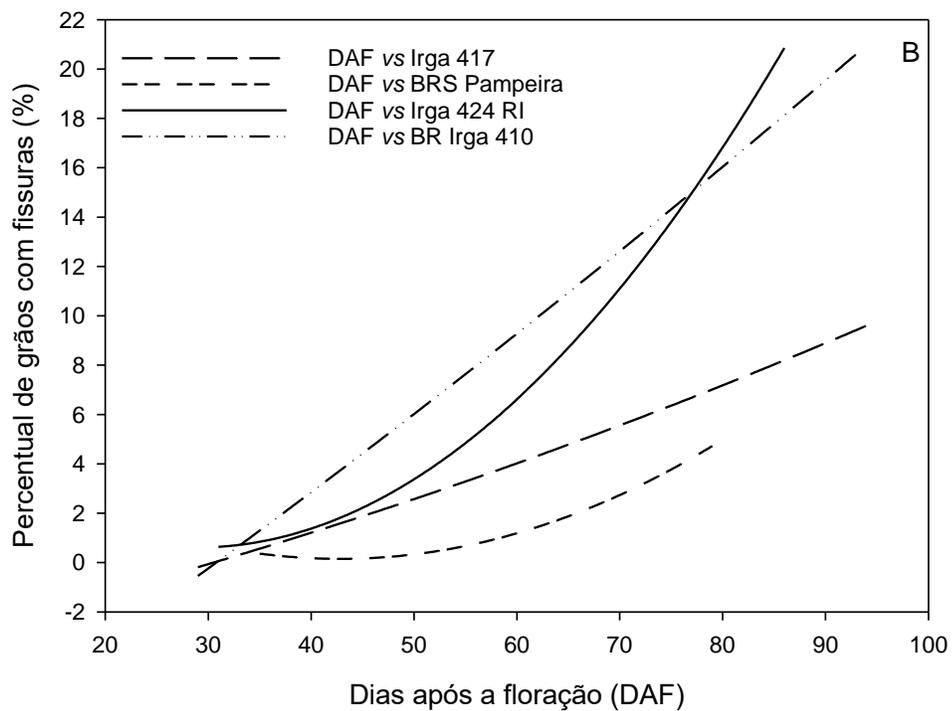
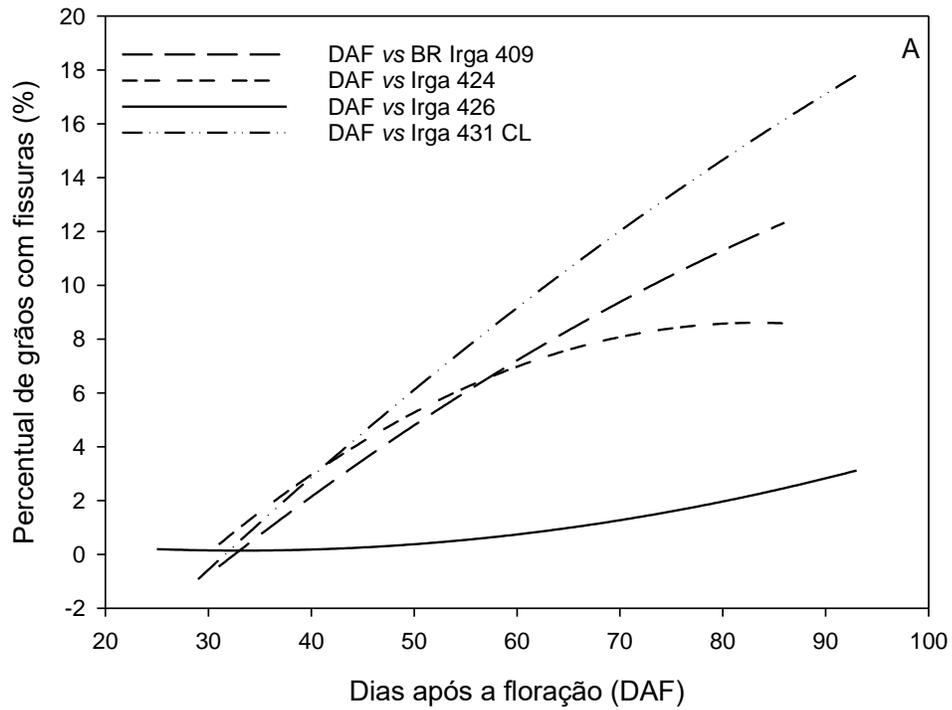


Figura 12 - Relação entre o percentual de grãos com fissuras (%) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

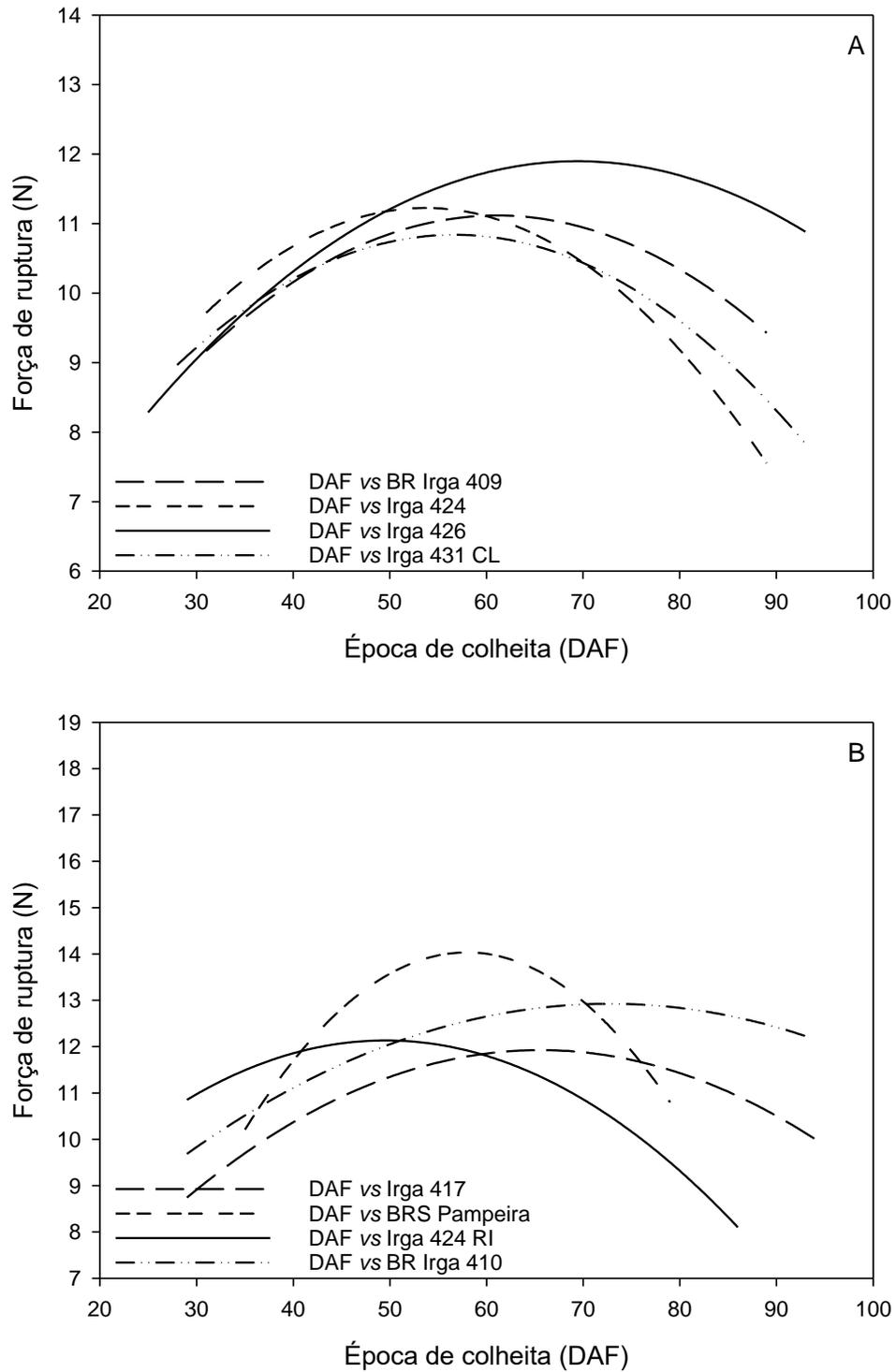


Figura 13 - Relação entre a força de ruptura (N) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

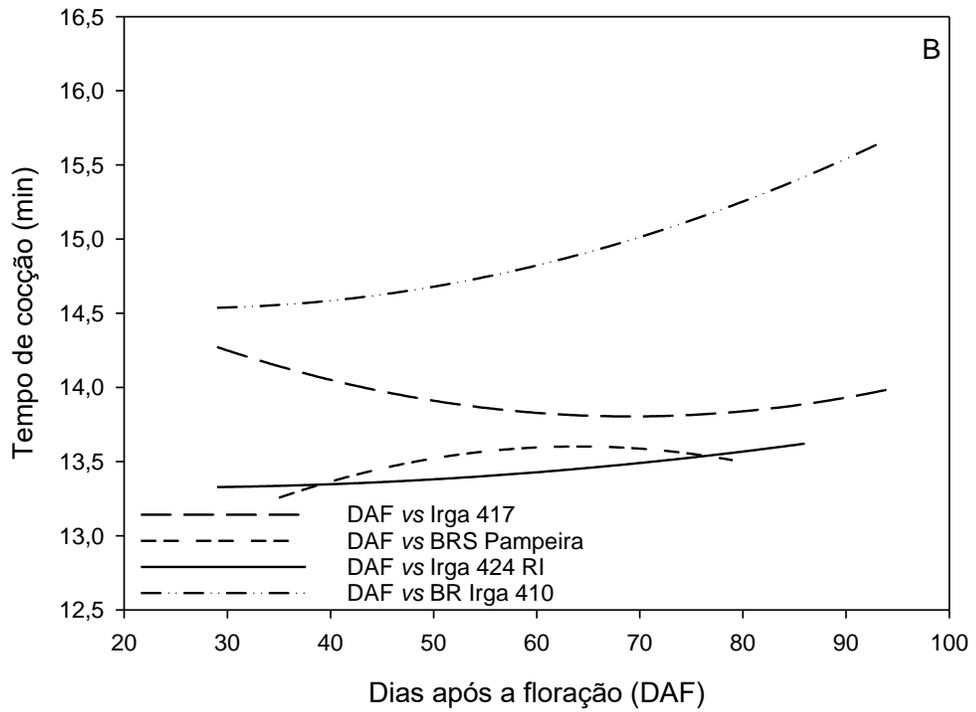
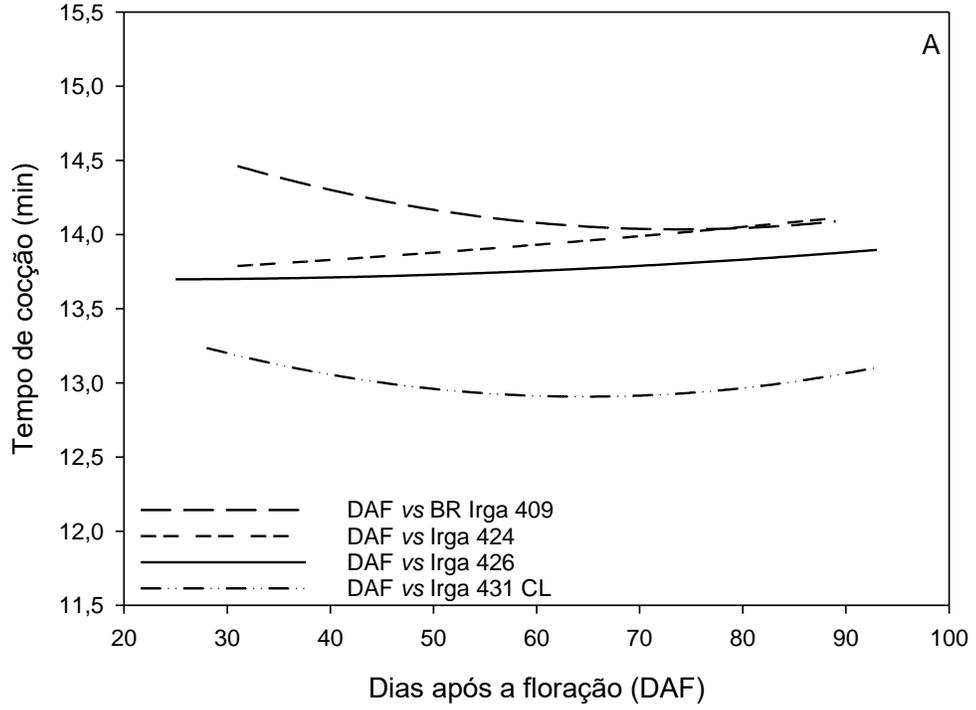


Figura 14 - Relação entre o tempo de cocção (min) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

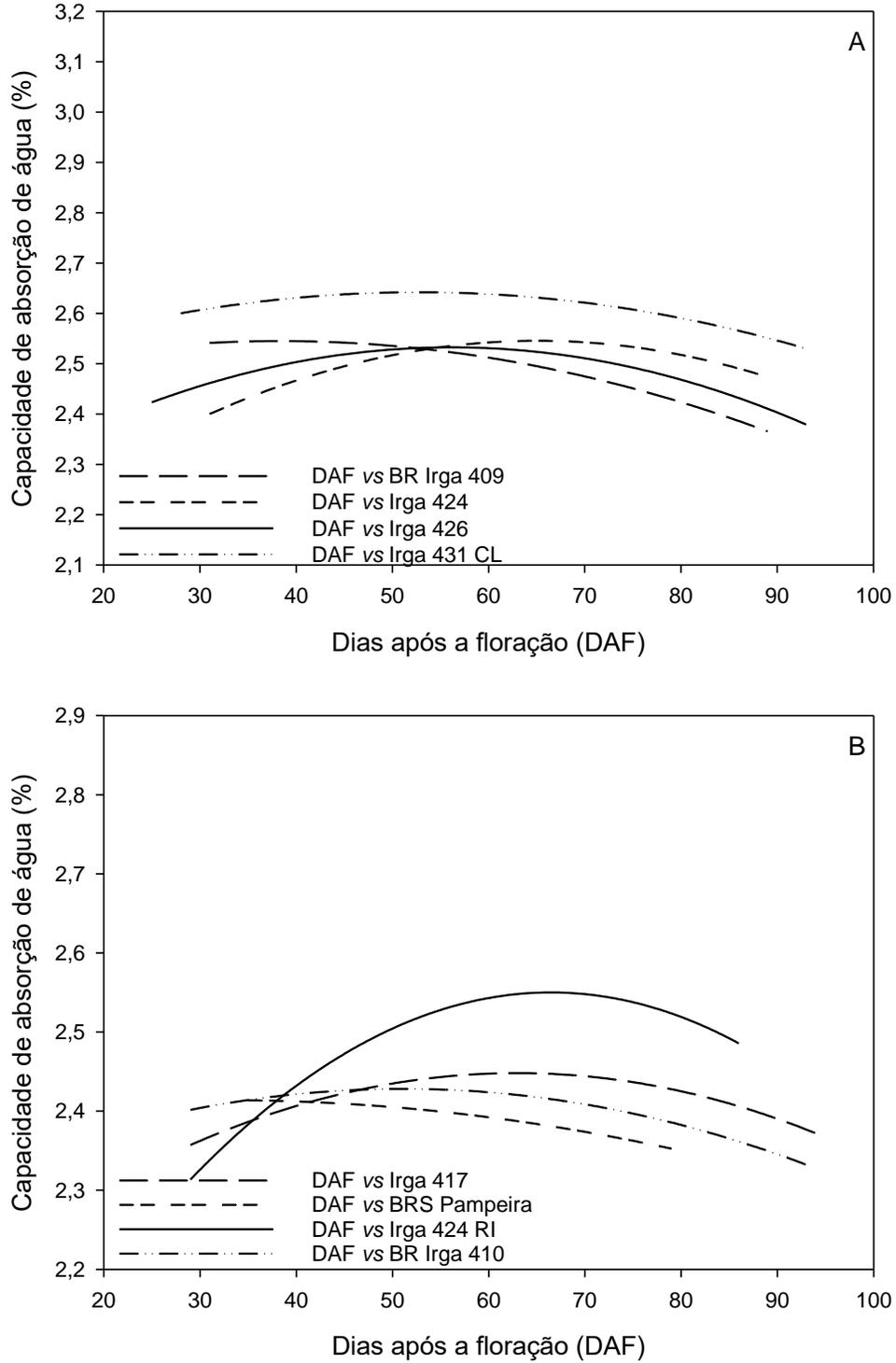


Figura 15 - Relação entre a capacidade de absorção de água (%) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

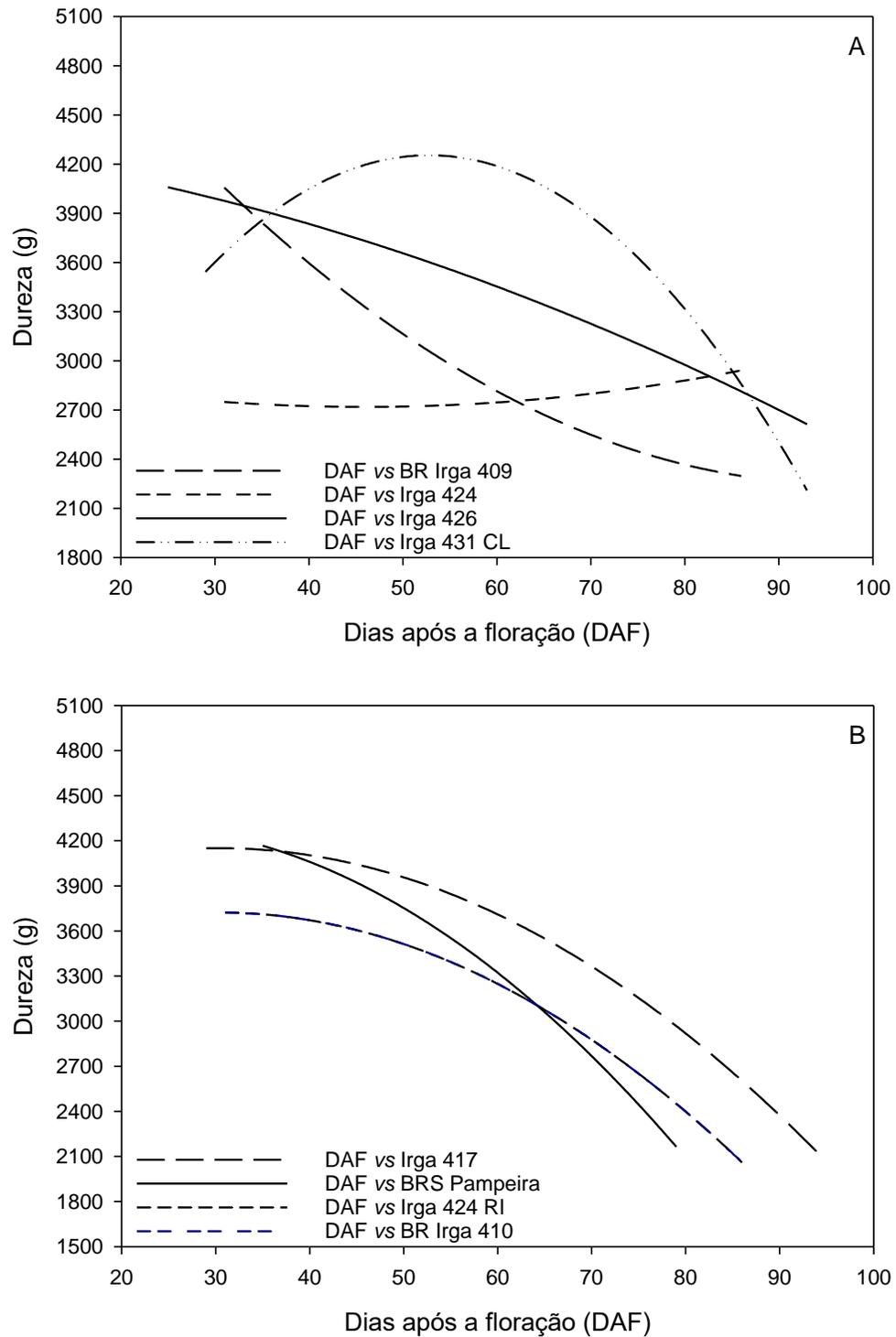


Figura 16 - Relação entre a dureza (g) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz

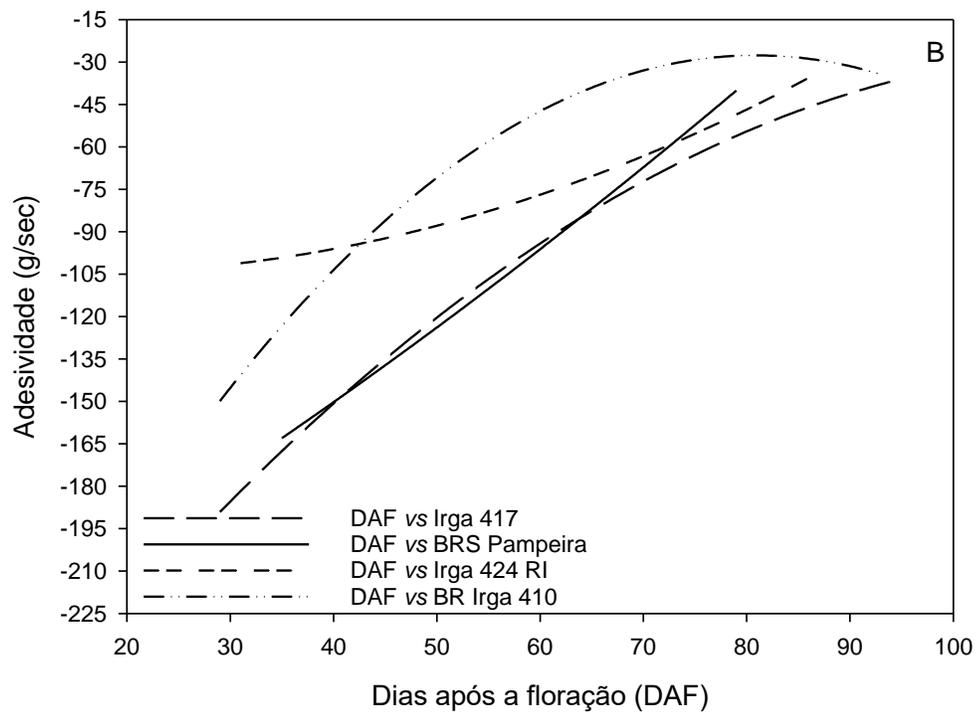
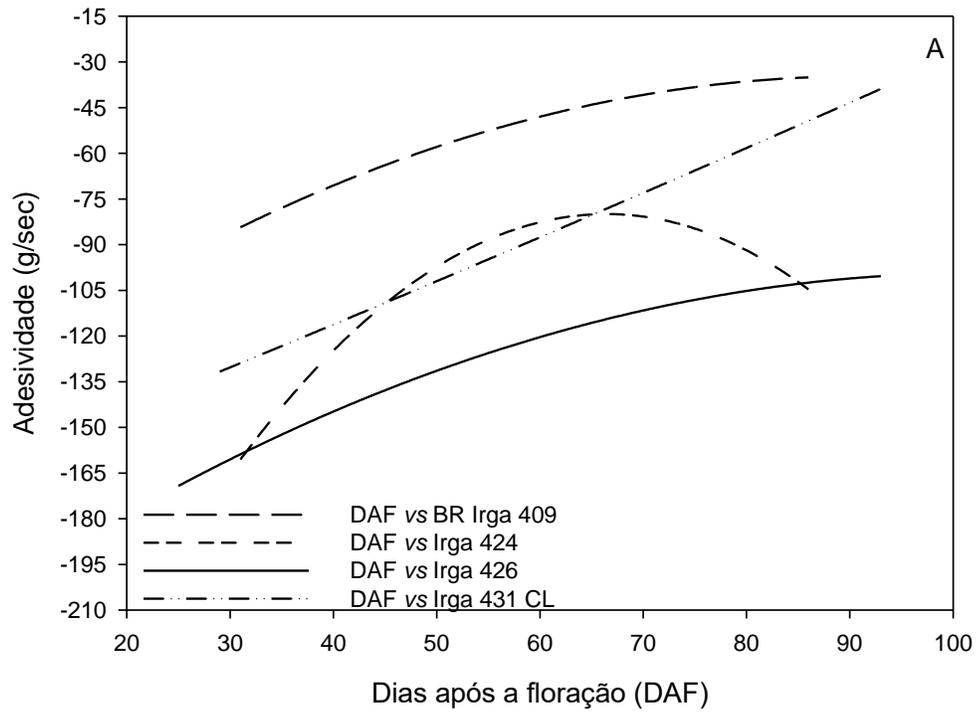


Figura 17- Relação entre a adesividade (g/sec) e o número de dias após a floração para diferentes genótipos de arroz.

Para a característica de percentual de grãos com fissuras foram validados todos os modelos matemáticos. Para a força de ruptura foi validado o modelo para IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410. Não foi possível validar nenhuma das equações geradas para o tempo de cocção e CAA. Para característica de dureza foram validadas as equações de IRGA 409, IRGA 431 CL, IRGA 417, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410. E para adesividade, foram validadas as equações de BR-IRGA 409, IRGA 431 CL, IRGA 417, BRS PAMPEIRA e IRGA 410 (Tabela 6).

Para validação do modelo matemático foi considerado  $R^2 \geq 0,8$ . As equações que apresentaram  $R^2$  inferior a 0,8 sugerem que a variável explicativa, época de colheita (DAF), não foi suficiente para gerar um modelo ajustável para a variável resposta perfil colorimétrico, tanto para os grãos integrais quanto para os grãos polidos.

Tabela 6 - Equações de regressão polinomial das características tecnológicas dos genótipos de arroz em relação ao atraso da colheita

Genótipo	Equações	R <sup>2</sup>
<b>Percentual de grãos com fissuras</b>		
BR-IRGA 409	$y = -10,9261 + 0,376x - 0,0012x^2$	0,9887
IRGA 424	$y = -12,322 + 0,5033x - 0,003x^2$	0,9938
IRGA 426	$y = 1,0572 - 0,055x + 0,0008x^2$	0,9611
IRGA 431 CL	$y = -12,0813 + 0,4137x - 0,001x^2$	0,9846
IRGA 417	$y = -3,3564 + 0,0966x + 0,0004x^2$	0,9893
BRS PAMPEIRA	$y = 6,4941 - 0,297x + 0,0035x^2$	0,9955
IRGA 424 RI	$y = 5,7973 - 0,3589x + 0,0062x^2$	0,9972
BR-IRGA 410	$y = -8,9977 + 0,2794x + 0,0004x^2$	0,9885
<b>Força de ruptura</b>		
BR-IRGA 409	$y = 3,0594 + 0,264x - 0,0022x^2$	0,4482
IRGA 424	$y = 2,7660 + 0,3154x - 0,0029x^2$	0,6086
IRGA 426	$y = 3,0729 + 0,2542x - 0,0018x^2$	0,7116
IRGA 431 CL	$y = 3,5229 + 0,2581x - 0,0023x^2$	0,8948
IRGA 417	$y = 1,6907 + 0,3121x - 0,0024x^2$	0,5855
BRS PAMPEIRA	$y = -10,3865 + 0,8432x - 0,0073x^2$	0,5315
IRGA 424 RI	$y = 4,6900 + 0,3005x - 0,0030x^2$	0,8733
BR-IRGA 410	$y = 3,9618 + 0,2465x - 0,0017x^2$	0,888
<b>Tempo de cocção</b>		
BR-IRGA 409	$y = 15,3060 - 0,0345x + 0,0002x^2$	0,4225
IRGA 424	$y = 13,6773 + 0,0029x + 2,1903E-005x^2$	0,1748
IRGA 426	$y = 13,7162 - 0,0017x + 3,9053E-005x^2$	0,1586
IRGA 431 CL	$y = 13,9315 - 0,0317x + 0,0002x^2$	0,3447
IRGA 417	$y = 15,1944 - 0,0402x + 0,0003x^2$	0,4204
BRS PAMPEIRA	$y = 11,9138 + 0,0528x - 0,0004x^2$	0,2991
IRGA 424 RI	$y = 13,3626 - 0,0033x + 7,3663E-005x^2$	0,2717
BR-IRGA 410	$y = 14,6932 - 0,0124x + 0,0002x^2$	0,6517

Continuação da Tabela 6

Genótipo	Equações	R <sup>2</sup>
<b>Capacidade de absorção de água</b>		
BR-IRGA 409	$y = 2,4436 + 0,0053x - 6,9529E-005x^2$	0,3754
IRGA 424	$y = 2,0149 + 0,0163x - 0,0001x^2$	0,5201
IRGA 426	$y = 2,1773 + 0,0127x - 0,0001x^2$	0,3087
IRGA 431 CL	$y = 2,4516 + 0,0072x - 6,8715E-005x^2$	0,2425
IRGA 417	$y = 2,1352 + 0,0099x - 7,9007E-005x^2$	0,2197
BRS PAMPEIRA	$y = 2,3856 + 0,0018x - 2,7860E-005x^2$	0,1695
IRGA 424 RI	$y = 1,8056 + 0,0224x - 0,0002x^2$	0,5119
BR-IRGA 410	$y = 2,2862 + 0,0056x - 5,4504E-005x^2$	0,595
<b>Dureza</b>		
BR-IRGA 409	$y = 6159,0890 - 80,7342x + 0,4167x^2$	0,9676
IRGA 424	$y = 3009,1540 - 12,6553x + 0,1382x^2$	0,6108
IRGA 426	$y = 4311,2960 - 7,1070x - 0,1199x^2$	0,6217
IRGA 431 CL	$y = 744,7266 + 133,0738x - 1,2614x^2$	0,9167
IRGA 417	$y = 3695,5030 + 30,1142x - 0,4979x^2$	0,9144
BRS PAMPEIRA	$y = 4053,4890 + 24,8354x - 0,6171x^2$	0,7666
IRGA 424 RI	$y = 3241,5290 + 32,0084x - 0,5320x^2$	0,8147
BR-IRGA 410	$y = 3241,5290 + 32,0084x - 0,5320x^2$	0,8147
<b>Adesividade</b>		
BR-IRGA 409	$y = -148,7039 + 2,5054x - 0,0138x^2$	0,9532
IRGA 424	$y = -363,6607 + 8,5474x - 0,0644x^2$	0,7929
IRGA 426	$y = -221,5415 + 2,3834x - 0,0116x^2$	0,6776
IRGA 431 CL	$y = -171,5146 + 1,3506x + 0,0008x^2$	0,8443
IRGA 417	$y = -314,7864 + 4,9482x - 0,0212x^2$	0,9147
BRS PAMPEIRA	$y = -243,0876 + 2,0650x + 0,0064x^2$	0,9022
IRGA 424 RI	$y = -101,4847 - 0,4140x + 0,0137x^2$	0,7607
BR-IRGA 410	$y = -325,0083 + 7,3575x - 0,0455x^2$	0,8339

### 5.3 Impacto da época de colheita no perfil tecnológico dos genótipos de arroz

Nesta seção será traçado um perfil tecnológico de cada genótipo de arroz branco (n=8) submetidos ao atraso na colheita, com base nas características analisadas como dimensão, textura, cor, brancura, gessados, fissura, tempo de cocção e capacidade de absorção de água (CAA). Assim será possível observar as consequências do atraso na colheita em 30, 40, 50, 60 e 90 dias após floração (DAF), no perfil tecnológico de cada genótipo, além de verificar as principais diferenças entre os dias analisados.

A análise de componentes principais (PCA) foi realizada considerando as características tecnológicas nos dias 30, 40, 50, 60 e 90 após floração (DAF). As duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2) da PCA score do perfil tecnológico dos genótipos BR-IRGA 409, IRGA 424, IRGA 417, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410 explicaram 90% e do genótipo IRGA 426 76,1% da variabilidade total existente entre as amostras, confirmando a alta reprodutibilidade entre as três réplicas utilizadas. Além disso, nas análises de PCA score foram evidenciadas uma separação clara entre os dias analisados para as características tecnológicas. Interessante observar que a maior diferença entre os grupos foi observada pela componente principal (PC1), na qual separou claramente a análise em 2 grupos, destacando por um lado semelhanças entre os dias 30 e 40 DAF, e por outro lado semelhanças entre os dias 50, 60 e 90 DAF. Enquanto, a análise de heatmap (mapa de calor) foi usada para observar as diferenças entre os dias analisados em relação às alterações nas características tecnológicas em cada dia.

No genótipo BR-IRGA 409 foi possível observar que o comprimento, espessura, largura, fissuras, adesividade, brancura e o parâmetro L\* dos grãos aumentaram com relação ao atraso na colheita, enquanto a dureza e tempo de cocção diminuíram com o avanço nos dias de colheita (Figura 18A). As principais mudanças nas características analisadas foram nitidamente observadas a partir do 50 DAF.

A dureza dos grãos após o cozimento é a força máxima obtida no primeiro ciclo de compressão, quando os grãos são comprimidos até 90% de sua espessura. Enquanto a adesividade é a força necessária negativa obtida durante o retorno da haste após o primeiro pico de compressão (REWTHONG et al., 2011). Essas propriedades estão relacionadas com a composição química dos grãos, relação amilose-amilopectina e a

lixiviação de compostos de baixo peso molecular durante a cocção (YU et al., 2009). O aumento da adesividade e a redução da dureza podem estar associados com o aumento da lixiviação de compostos de amilose e amilopectina de baixo peso molecular. A redução da dureza também pode estar associada ao aumento na intensidade das fissuras, fato este observado na Figura 18A. As fissuras são fraturas internas, usualmente perpendiculares ao comprimento do grão (VELUPILLAI; PANDEY, 1990). Na pré-colheita, elas são geradas devido a estresses de sorção e dessorção que ocorrem em graus de umidade entre 12 e 16% (JULIANO, 2016) devido a reidratação dos grãos por ação da chuva, orvalho e umidade relativa do ar (BAO, 2019). O maior ou menor rendimento de grãos inteiros no processo industrial normalmente está relacionado a existência de fissuras nos grãos. Elas podem fazer com que o grão de arroz quebre durante o beneficiamento (VELUPILLAI; PANDEY, 1990). Porém, grãos não fissurados podem vir a fissurar durante o beneficiamento devido a danos mecânicos causados pelas máquinas (MARSAIOLI JÚNIOR; ROCHA, 2004).

A espessura aumentou conforme a colheita atrasou. A intensidade da formação de fissuras depende da espessura do grão, do gradiente de umidade e das condições de secagem. Cnossen e Siebenmorgen (2000), Cnossen et al. (2003) e Siebenmorgen et al. (2005) estudando os efeitos da secagem e têmpera sobre fissuras em grãos de arroz em temperaturas acima e abaixo da temperatura de transição vítrea verificaram que grãos de menor espessura foram mais resistentes a fissuras do que grãos médios, devido ao menor gradiente de umidade formado. Isso pode explicar o aumento de fissuras conforme o atraso da colheita.

As propriedades de coloração apresentaram disparidade em seus resultados. Os parâmetros  $L^*$  e  $a^*$  apresentaram aumento de seus resultados durante o atraso da colheita. Os resultados de  $L^*$  e  $a^*$  podem estar relacionados a redução da coloração esverdeada dos grãos imaturos devido a ação das enzimas clorofilases (BORRMANN, 2009; PÁDUA *et al.*, 2009), que continua a ocorrer após a colheita. A redução dos grãos verdes com o atraso na colheita é um aspecto positivo, pois estão associados a imaturidade e a formação incompleta dos grânulos de amido, resultando na redução do rendimento de grãos inteiros, por serem mais suscetíveis a quebra (RIBEIRO et al., 2004;

SMIDERLE; DIAS, 2008; DONG et al., 2012). Não foi possível observar uma tendência específica para o parâmetro  $b^*$ , pois apresentou variações nos dias analisados. Contudo maior valor de  $b^*$  foi detectado no dia 90 após floração, indicando que o aumento no amarelecimento do grão, pode estar relacionado devido as condições de umidade dos grãos e temperatura. Segundo Haydon e Siebenmorgen (2017) que estudaram os efeitos do armazenamento de arroz em casca em diferentes umidades, tempos e temperaturas, o elevado teor de umidade e temperatura alteram a coloração do arroz pelo desenvolvimento de colônias fúngicas.

A colheita de grãos com teor de umidade média acima de 26% contribui para aumentar a ocorrência de grãos imaturos na massa de grãos, o que constitui uma das principais causas de aparecimento de grãos gessados (CASTRO et al., 1999). Em geral, a época de colheita ideal é de 30 a 40 dias após a floração plena, quando a maioria dos grãos atinge um grau de umidade entre 18 a 25% para as cultivares em cultivo irrigado (BINOTTI et al., 2007).

As propriedades de brancura e grãos gessados aumentaram de 30 a 50 DAF. Isso pode estar relacionado a imaturidade dos grãos durante esse período. O grau de brancura pode ser maior na presença de áreas gessadas nos grãos. Nesta situação, há modificação na refração da luz e, conseqüentemente, na porcentagem de luz refletida pela amostra, conferindo coloração mais branca às partes gessadas do grão (LISLE et al., 2000).

Grãos gessados afetam diretamente as características sensoriais e de cocção do arroz devido ao distúrbio no arranjo entre as moléculas de amido e proteínas, tornando-as com espaços de ar (SHEN, 2000). Grãos gessados (LANG et al., 2012; ZHANG et al., 2009) e fissurados (MOHORIC et al., 2004; SOUZA et al., 2018) aumentam a capacidade de absorção de água, reduzindo a dureza, aumentando a capacidade de gelatinização e diminuindo seu tempo de cocção. Entre 50 e 90 DAF os valores da propriedade capacidade de absorção de água (CAA) diminuíram. Isso pode estar associado a diminuição de grãos gessados durante esse mesmo período.

Com relação ao genótipo IRGA 424 foi possível observar um aumento na quantidade de fissuras e no parâmetro  $a^*$  com relação ao atraso de colheita (Figura 18B).

Os outros parâmetros tecnológicos apresentaram variações em seus resultados, não sendo possível considerar estas características para definir um perfil para este genótipo. Contudo pode-se sugerir que o 50 DAF apresentou as características tecnológicas de arroz mais adequadas para consumo. Além disso, no heatmap foi possível observar que a capacidade de absorção de água aumentou de 30 a 50 DAF, o que pode estar associado ao aumento do percentual de grãos fissurados durante o atraso da colheita.

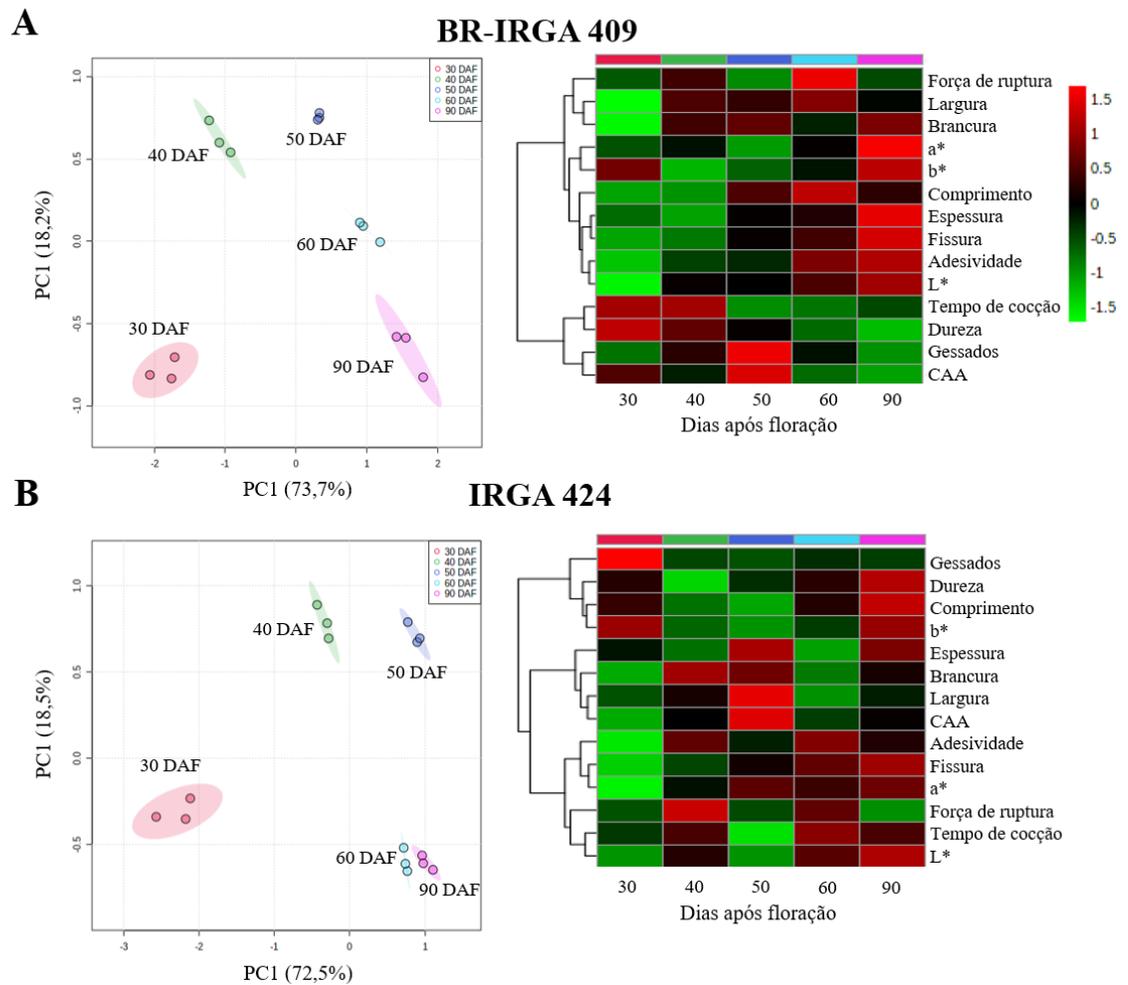


Figura 18 - Mudanças nas propriedades tecnológicas de diferentes genótipos de arroz branco BR-IRGA 409 **(A)** e IRGA 424 **(B)**, submetidos ao atraso de colheita.

Com relação ao genótipo IRGA 426 foi possível observar um aumento na largura do grão, fissuras, adesividade e parâmetros de cor  $L^*$  e  $a^*$  com relação ao atraso de colheita (Figura 19A).

O parâmetro de coloração  $L^*$  apresentou aumento de seus resultados de 50 à 90 DAF. Os resultados de  $L^*$  podem estar relacionados a redução da coloração esverdeada dos grãos imaturos devido a ação das enzimas clorofilases (BORRMANN, 2009; PÁDUA *et al.*, 2009) que continua a ocorrer após a colheita.

O genótipo IRGA 431 CL apresentou características semelhantes ao genótipo IRGA 426, no qual apresentou aumento na largura do grão, adesividade e parâmetros de cor  $L^*$  e  $a^*$  com relação ao atraso de colheita. Além de apresentar uma tendência no aumento da espessura do grão de acordo com o aumento no atraso na colheita (Figura 19B).

A propriedade de dureza apresentou aumento de 30 a 50 DAF e em seguida, redução até 90 DAF. Em contrapartida, a adesividade aumentou, principalmente após os 50 DAF. O aumento da adesividade e a redução da dureza podem estar associados com o aumento da lixiviação de compostos de amilose e amilopectina de baixo peso molecular. A redução da dureza também pode estar associada ao aumento na intensidade de fissuras.

Os parâmetros dimensionais, espessura e largura apresentaram aumento dos resultados com o atraso na colheita. O aumento da espessura pode explicar o aumento do percentual de fissuras nos grãos durante esse período.

Os parâmetros da propriedade de coloração obtiveram aumento com o atraso na colheita.  $L^*$  e  $a^*$  aumentaram ao passar dos dias de colheita, isto pode estar relacionado a redução da coloração esverdeada dos grãos imaturos devido a ação das enzimas clorofilases (BORRMANN, 2009; PÁDUA *et al.*, 2009) que continua a ocorrer após a colheita.

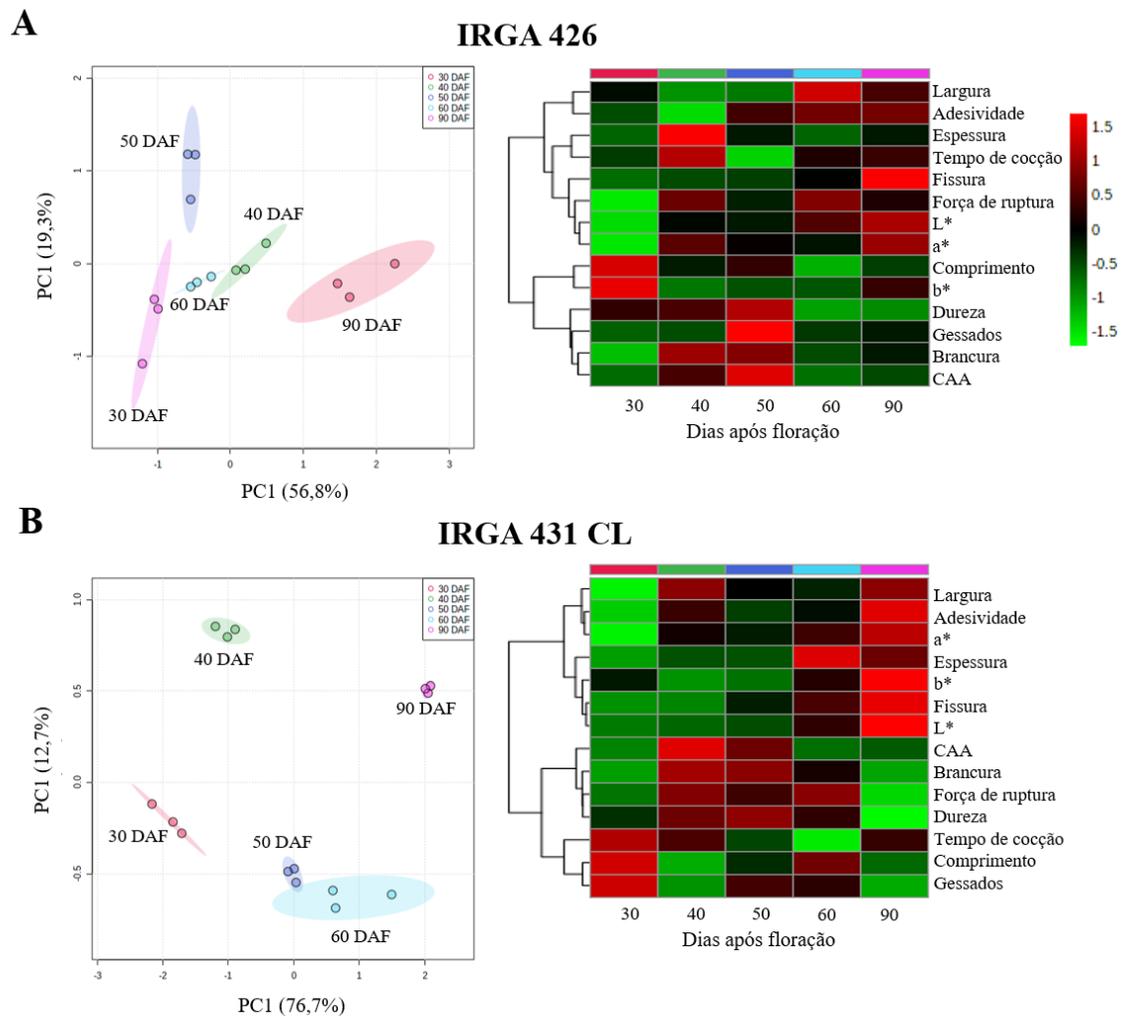


Figura 19 - Mudanças nas propriedades tecnológicas de diferentes genótipos de arroz branco IRGA 426 **(A)** e IRGA 431 CL **(B)**, submetidos ao atraso de colheita.

O genótipo IRGA 417 apresentou aumento na quantidade de fissuras e nos parâmetros de cor  $L^*$  e  $a^*$  com relação ao atraso de colheita. Por outro lado, apresentou uma tendência de redução no tempo de cocção, dureza e comprimento com o aumento do atraso na colheita (Figura 20A).

O heatmap mostrou que a propriedade de dureza diminuiu de 50 a 90 DAF (Figura 20A). Em contrapartida, a adesividade aumentou ao longo desse período. Já o percentual de grãos fissurados aumentou durante todo o atraso da colheita. O aumento da adesividade e a redução da dureza podem estar associados com o aumento da lixiviação de compostos de amilose e amilopectina de baixo peso molecular. A redução da dureza também pode estar associada ao aumento na intensidade de fissuras.

Os parâmetros colorimétricos apresentaram aumento de seus resultados conforme o atraso da colheita.  $L^*$  e  $a^*$  aumentaram durante todo o período de atraso na colheita. O aumento dos parâmetros  $L^*$  e  $a^*$  podem estar associados a redução da coloração esverdeada dos grãos imaturos devido a ação das enzimas clorofilases (BORRMANN, 2009; PÁDUA et al., 2009) que continua a ocorrer após a colheita.

O genótipo IRGA 424 RI apresentou aumento na quantidade de fissuras, brancura, adesividade, parâmetros de cor  $L^*$  e  $a^*$  com relação ao atraso de colheita. Por outro lado, apresentou uma tendência de redução na dureza, gessados e espessura com o aumento do atraso na colheita (Figura 20B).

O heatmap mostrou que o percentual de grãos com fissuras aumentou durante todo o atraso na colheita (Figura 20B) e a dureza diminuiu a partir de 50 DAF e, em contrapartida, a adesividade aumentou durante o mesmo período. O aumento da adesividade e a redução da dureza podem estar associados com o aumento da lixiviação de compostos de amilose e amilopectina de baixo peso molecular. A redução da dureza também pode estar associada ao aumento na intensidade do índice de fissuras.

As propriedades de coloração  $L^*$  e  $a^*$  apresentaram aumento de seus resultados durante todo o atraso da colheita. O aumento de  $L^*$  e  $a^*$  pode contribuir com a redução da coloração esverdeada dos grãos imaturos. O índice de gessados reduziu de 30 a 90 DAF. A redução do índice de grãos gessados pode estar associada a maturação dos grãos durante este período.

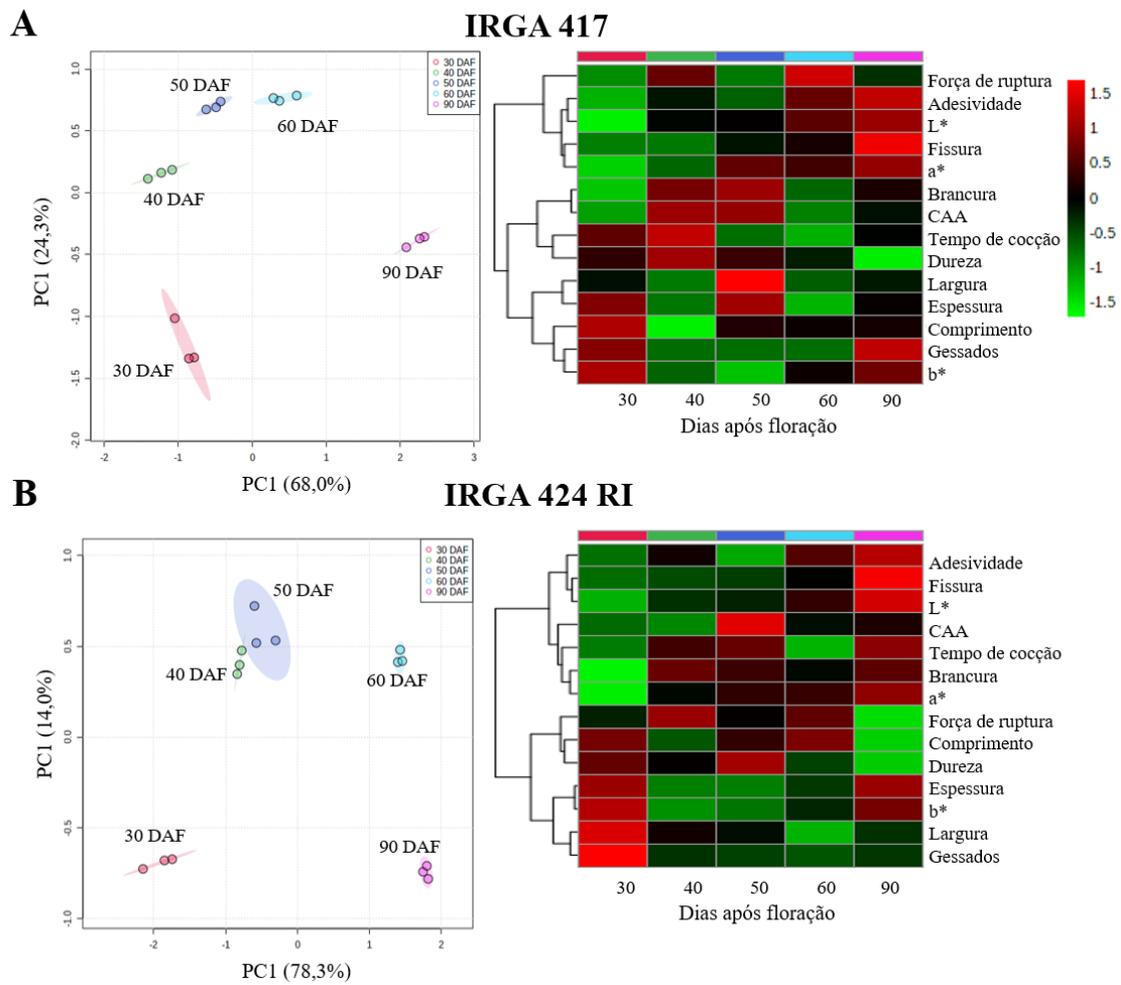


Figura 20 - Mudanças nas propriedades tecnológicas de diferentes genótipos de arroz branco IRGA 417 (A) e IRGA 424 RI (B), submetidos ao atraso de colheita.

O genótipo IRGA 410 apresentou aumento na largura, quantidade de fissuras, brancura, adesividade, parâmetros de cor  $L^*$  e  $a^*$ , e força de ruptura com relação ao atraso de colheita. Por outro lado, apresentou uma tendência de redução na dureza e gessados com o aumento do atraso na colheita (Figura 21A).

O heatmap mostrou que o percentual de grãos fissurados aumentou durante todo o atraso na colheita e que em 30 e 40 DAF os resultados foram semelhantes (Figura 21A). A propriedade de dureza diminuiu de 50 a 90 DAF, em contrapartida, a adesividade aumentou durante o mesmo período. O aumento da adesividade e a redução da dureza podem estar associados com o aumento da lixiviação de compostos de amilose e amilopectina de baixo peso molecular. A redução da dureza também pode estar associada ao aumento na intensidade de fissuras.

Os parâmetros colorimétricos  $L^*$  e  $a^*$  apresentaram aumento durante todo o atraso na colheita, onde em 30 e 40 DAF tiveram resultados foram semelhantes. O parâmetro  $a^*$  apresentou aumento de 50 a 90 DAF. O aumento dos parâmetros  $L^*$  e  $a^*$  podem estar associados a redução da coloração esverdeada dos grãos imaturos devido a ação das enzimas clorofilases (BORRMANN, 2009; PÁDUA et al., 2009) que continua a ocorrer após a colheita.

As propriedades dimensionais aumentaram ao longo do atraso da colheita em determinadas épocas. A largura aumentou de 30 a 50 DAF, o comprimento de 40 a 60 DAF e a espessura durante todo o atraso. O aumento da espessura pode explicar o aumento de fissuras conforme o atraso da colheita.

O genótipo BRS PAMPEIRA apresentou aumento na quantidade de fissuras, adesividade e parâmetro de cor  $L^*$  com relação ao atraso de colheita. Por outro lado, apresentou uma tendência de redução na dureza e gessados com o aumento do atraso na colheita (Figura 21B).

O heatmap mostrou que o percentual de grãos fissurados aumentou durante todo o atraso na colheita (Figura 21B). A propriedade de dureza diminuiu de 40 a 60 DAF, e, em contrapartida, a adesividade aumentou de 50 a 90 DAF, onde em 60 e 90 DAF os dados apresentaram semelhança. O aumento da adesividade e a redução da dureza podem estar associados com o aumento da lixiviação de compostos de amilose e

amilopectina de baixo peso molecular. A redução da dureza também pode estar associada ao aumento na intensidade de fissuras.

O parâmetro  $L^*$  apresentou aumento com o atraso na colheita, o que pode estar associado a redução da coloração esverdeada dos grãos imaturos devido a ação das enzimas clorofilases (BORRMANN, 2009; PÁDUA et al., 2009).

O maior grau de grãos gessados ocorreu em 30 DAF, o que DAF pode indicar imaturidade dos grãos nesta época de colheita. No entanto, nas demais épocas de colheita, os valores apresentaram uma redução brusca e apresentaram semelhança.

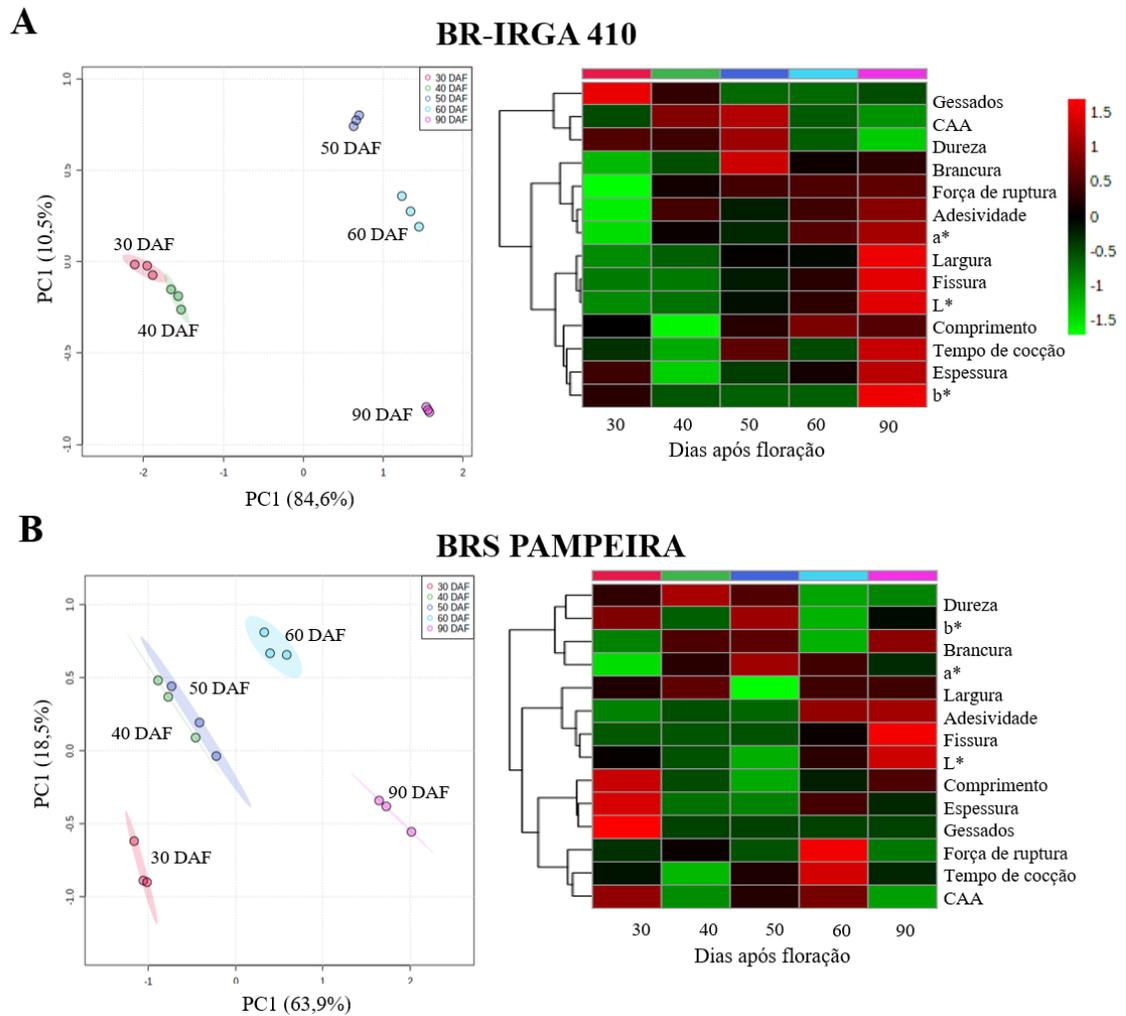


Figura 21 - Mudanças nas propriedades tecnológicas de diferentes genótipos de arroz branco BR-IRGA 410 **(A)** e BRS PAMPEIRA **(B)**, submetidos ao atraso de colheita.

#### 5.4 Diferenças tecnológicas entre genótipos de arroz submetidos ao atraso na colheita

Nesta seção serão comparadas as diferenças tecnológicas entre genótipos de arroz submetidos ao atraso na colheita.

Os grãos polidos apresentaram maior valor de luminosidade e menor valor de  $a^*$  e  $b^*$  do que os grãos integrais, indicando coloração mais clara (Tabelas 7 e 8). A intensidade da cor e a brancura do arroz dependem da taxa de remoção do farelo durante o beneficiamento (LU et al., 2005). Isso se deve ao fato de que os pigmentos presentes no farelo dos grãos integrais apresentarem uma coloração que tende ao marrom (OLIVEIRA, 2021), enquanto os polidos, onde as camadas externas são removidas, apresentam coloração branca e translúcida (CHANG, 1977).

A luminosidade dos grãos integrais apresentou diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos somente em 30 DAF, onde BR-IRGA 410 (62,77) diferenciou-se ( $P < 0,05$ ) de IRGA 424, IRGA 426 e IRGA 424 RI por apresentar valor superior (Tabela 7). Nos grãos polidos, a diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos ocorreu em 40 e 90 DAF, onde BRS PAMPEIRA apresentou valores mais baixos de  $L^*$  nas duas épocas (67,61 e 69,87), diferenciando-se de BR-IRGA 409 (70,41) e BR-IRGA 410 (72,76) em 40 e 90 DAF, respectivamente (Tabela 8).

Diferentes genótipos apresentam variações na espessura da camada de farelo (ROY et al., 2008). E como dito anteriormente, a intensidade da cor e a brancura do arroz dependem da taxa de remoção do farelo durante o beneficiamento (LU et al., 2005). Para um mesmo grau de polimento, genótipos com maior espessura da camada de farelo podem permanecer com pigmentos do farelo, de coloração mais escura, apresentando luminosidade inferior aos genótipos com menor espessura da camada de farelo.

A coordenada  $a^*$  nos grãos integrais apresentou, em sua maioria, resultados positivos. As exceções ocorreram em 30 DAF nos genótipos IRGA 424, BRS PAMPEIRA, IRGA 424 RI e BR-IRGA. O genótipo IRGA 424 em 30 DAF apresentou o menor valor de  $a^*$  (-1,35), diferenciando-se ( $P < 0,05$ ) dos genótipos que apresentaram valores positivos (BR-IRGA 409, IRGA 426, IRGA 431 CL, IRGA 417). O genótipo BR-IRGA 410 apresentou diferença em 40 DAF com IRGA 426 e IRGA 431 CL e em 50 DAF com IRGA

426, IRGA 431 CL e IRGA 424 RI por ter apresentado valor mais elevado de  $a^*$ . Porém, em 60 DAF, diferenciou-se de IRGA 424 RI (2,53) por apresentar valor mais baixo (1,82). O valor mais alto de  $a^*$  nos grãos integrais ocorreu em 60 DAF com o genótipo IRGA 424 RI (2,53) (Tabela 7). Nos grãos polidos, todos resultados apresentaram valores negativos. O maior valor de  $a^*$  ocorreu em 60 DAF com o genótipo IRGA 426 (-0,16) e o menor em 30 DAF com BRS PAMPEIRA (-0,78). Houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos em 30, 50 e 90 DAF. O genótipo BRS PAMPEIRA apresentou menor valor de  $b^*$  em 30 e 90 DAF perante os genótipos BR-IRGA 409, IRGA 426, IRGA 431 CL e IRGA 417 (Tabela 8).

O aumento inicial pode estar associado à redução da coloração esverdeada dos grãos imaturos devido a ação das enzimas clorofilases (PÁDUA *et al.*, 2009). No entanto, no período maior de atraso da colheita, a exposição dos grãos as intempéries climáticas podem ter favorecido a degradação de compostos que conferem coloração ao pericarpo, como tocoferóis no óleo e compostos fenólicos. Segundo Kawassaki (2011), os compostos fenólicos são influenciados pela precipitação pluvial. Em temperaturas mais baixas e alta precipitação pluvial, bem como em condições climáticas atípicas, são produzidos maior quantidade de compostos fenólicos como forma de sobrevivência da planta.

Estes resultados estão possivelmente associados a presença de grãos esverdeados. Segundo Borrmann (2009), esse aumento está relacionado a redução da coloração esverdeada dos grãos devido à degradação da clorofila presente. A redução dos grãos verdes com o atraso na colheita é um aspecto positivo, pois grãos verdes estão associados a imaturidade e a formação incompleta dos grânulos de amido, resultando na redução do rendimento de grãos inteiros, por serem mais suscetíveis a quebra (RIBEIRO *et al.*, 2004; SMIDERLE; DIAS, 2008; DONG *et al.*, 2012).

O parâmetro  $b^*$  apresentou todos resultados positivos, tanto nos grãos integrais como nos polidos, entretanto, os integrais obtiveram maior valor, indicando coloração mais amarelada. O que está relacionado aos pigmentos presentes na camada de farelo dos grãos integrais, que tendem ao marrom (OLIVEIRA, 2021).

Os grãos integrais apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos em 30, 40, 60 e 90 DAF. O genótipo IRGA 431 CL apresentou menor valor de  $b^*$  em 30 DAF diferenciando-se de todos outros genótipos. Em 40 DAF, este genótipo em conjunto com IRGA 424 apresentou diferença de BR-IRGA 410 que apresentou maior valor de  $b^*$ . Em contrapartida, por apresentar elevado valor de  $b^*$ , BR-IRGA 409 apresentou diferença com os genótipos IRGA 424 e IRGA 431 CL em 50 DAF e com IRGA 431 CL e BR-IRGA 410 em 60 DAF. Os resultados mostram ainda que até aproximadamente 70 DAF ainda há algum acúmulo de pigmentos verdes que, decrescem após este período, o que sugerem que a clorofila começa a ser degradada ou alterada para formas não esverdeadas (Tabela 7). Os grãos polidos obtiveram diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos em 30 e 90 DAF. BRS PAMPEIRA e IRGA 424 apresentaram baixos valores de  $b^*$ , diferenciando com os genótipos IRGA 426 e IRGA 424 RI em 30 DAF. Ainda, BRS PAMPEIRA diferenciou de BR-IRGA 409, IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410 em 90 DAF (Tabela 8).

A coloração amarelada é um dos aspectos mais importantes para a comercialização do arroz, uma vez que os consumidores brasileiros preferem grãos de aspecto bastante esbranquiçado.

Tabela 7 - Perfil colorimétrico de genótipos de arroz integral submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
	L				
BR Irga 409	62,25 ± 0,69 <sup>AB</sup>	63,74 ± 0,64 <sup>A</sup>	64,23 ± 0,91 <sup>A</sup>	62,28 ± 3,68 <sup>A</sup>	60,93 ± 5,35 <sup>A</sup>
Irga 424	60,36 ± 0,74 <sup>BC</sup>	61,89 ± 0,66 <sup>A</sup>	61,71 ± 0,78 <sup>A</sup>	62,68 ± 1,13 <sup>A</sup>	62,75 ± 1,36 <sup>A</sup>
Irga 426	59,98 ± 0,73 <sup>C</sup>	63,25 ± 0,62 <sup>A</sup>	62,43 ± 0,67 <sup>A</sup>	62,69 ± 0,65 <sup>A</sup>	63,31 ± 1,23 <sup>A</sup>
Irga 431 CL	61,65 ± 0,53 <sup>ABC</sup>	61,26 ± 2,72 <sup>A</sup>	64,11 ± 1,69 <sup>A</sup>	62,45 ± 4,08 <sup>A</sup>	64,76 ± 1,11 <sup>A</sup>
Irga 417	60,54 ± 1,00 <sup>ABC</sup>	61,73 ± 2,13 <sup>A</sup>	63,45 ± 0,31 <sup>A</sup>	63,06 ± 0,89 <sup>A</sup>	63,64 ± 0,66 <sup>A</sup>
BRS Pampeira	61,23 ± 1,17 <sup>ABC</sup>	62,20 ± 0,90 <sup>A</sup>	61,86 ± 0,52 <sup>A</sup>	63,93 ± 0,85 <sup>A</sup>	62,95 ± 1,19 <sup>A</sup>
Irga 424 RI	59,96 ± 0,90 <sup>C</sup>	61,18 ± 0,80 <sup>A</sup>	62,82 ± 1,59 <sup>A</sup>	62,65 ± 0,77 <sup>A</sup>	61,22 ± 3,38 <sup>A</sup>
BR Irga 410	62,77 ± 0,30 <sup>A</sup>	64,20 ± 0,93 <sup>A</sup>	64,36 ± 1,54 <sup>A</sup>	64,31 ± 0,90 <sup>A</sup>	64,75 ± 0,15 <sup>A</sup>
	A				
BR Irga 409	1,02 ± 0,31 <sup>A</sup>	1,70 ± 0,12 <sup>AB</sup>	2,09 ± 0,18 <sup>AB</sup>	2,41 ± 0,38 <sup>AB</sup>	2,29 ± 0,59 <sup>A</sup>
Irga 424	-1,35 ± 0,45 <sup>B</sup>	1,35 ± 0,42 <sup>AB</sup>	2,17 ± 0,15 <sup>AB</sup>	2,22 ± 0,17 <sup>AB</sup>	2,46 ± 0,38 <sup>A</sup>
Irga 426	0,10 ± 0,02 <sup>A</sup>	2,05 ± 0,11 <sup>A</sup>	2,46 ± 0,04 <sup>A</sup>	2,23 ± 0,21 <sup>AB</sup>	2,27 ± 0,23 <sup>A</sup>
Irga 431 CL	0,91 ± 0,28 <sup>A</sup>	1,92 ± 0,36 <sup>A</sup>	2,30 ± 0,30 <sup>A</sup>	2,21 ± 0,27 <sup>AB</sup>	2,10 ± 0,23 <sup>A</sup>
Irga 417	0,22 ± 0,14 <sup>A</sup>	1,67 ± 0,79 <sup>AB</sup>	2,06 ± 0,40 <sup>AB</sup>	2,28 ± 0,22 <sup>AB</sup>	1,82 ± 0,09 <sup>A</sup>
BRS Pampeira	-0,19 ± 0,95 <sup>AB</sup>	1,14 ± 0,41 <sup>AB</sup>	2,25 ± 0,35 <sup>AB</sup>	2,24 ± 0,17 <sup>AB</sup>	2,04 ± 0,10 <sup>A</sup>
Irga 424 RI	-0,02 ± 0,66 <sup>AB</sup>	1,68 ± 0,20 <sup>AB</sup>	2,50 ± 0,11 <sup>A</sup>	2,53 ± 0,13 <sup>B</sup>	2,43 ± 0,44 <sup>A</sup>
BR Irga 410	-0,05 ± 0,35 <sup>AB</sup>	0,65 ± 0,14 <sup>B</sup>	1,51 ± 0,41 <sup>B</sup>	1,82 ± 0,10 <sup>A</sup>	1,67 ± 0,08 <sup>A</sup>
	B				
BR Irga 409	19,73 ± 0,49 <sup>A</sup>	19,02 ± 0,30 <sup>AB</sup>	19,15 ± 0,38 <sup>A</sup>	19,80 ± 0,59 <sup>A</sup>	18,83 ± 1,13 <sup>A</sup>
Irga 424	19,84 ± 0,40 <sup>A</sup>	18,11 ± 0,50 <sup>B</sup>	17,95 ± 0,02 <sup>BC</sup>	18,00 ± 0,71 <sup>AB</sup>	18,66 ± 0,46 <sup>A</sup>
Irga 426	19,75 ± 0,03 <sup>A</sup>	19,03 ± 0,44 <sup>AB</sup>	18,68 ± 0,05 <sup>AB</sup>	18,13 ± 0,22 <sup>AB</sup>	18,31 ± 0,28 <sup>A</sup>
Irga 431 CL	18,17 ± 0,43 <sup>B</sup>	18,06 ± 0,34 <sup>B</sup>	17,74 ± 0,45 <sup>C</sup>	17,56 ± 0,37 <sup>C</sup>	17,37 ± 0,28 <sup>A</sup>
Irga 417	19,80 ± 0,20 <sup>A</sup>	18,61 ± 0,17 <sup>AB</sup>	18,41 ± 0,26 <sup>ABC</sup>	18,58 ± 0,58 <sup>ABC</sup>	18,04 ± 0,51 <sup>A</sup>
BRS Pampeira	19,76 ± 0,53 <sup>A</sup>	18,73 ± 0,47 <sup>AB</sup>	18,61 ± 0,38 <sup>AB</sup>	18,97 ± 0,47 <sup>AB</sup>	18,33 ± 0,12 <sup>A</sup>
Irga 424 RI	19,92 ± 0,11 <sup>A</sup>	18,54 ± 0,56 <sup>AB</sup>	18,67 ± 0,30 <sup>AB</sup>	18,62 ± 0,32 <sup>ABC</sup>	18,06 ± 0,86 <sup>A</sup>
BR Irga 410	19,57 ± 0,08 <sup>A</sup>	19,41 ± 0,44 <sup>A</sup>	18,61 ± 0,02 <sup>AB</sup>	18,28 ± 0,43 <sup>BC</sup>	17,66 ± 0,03 <sup>A</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 8 - Perfil colorimétrico de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
L					
BR Irga 409	68,05 ± 0,40 <sup>A</sup>	70,41 ± 0,98 <sup>A</sup>	70,30 ± 0,77 <sup>A</sup>	71,01 ± 0,79 <sup>A</sup>	71,81 ± 0,92 <sup>AB</sup>
Irga 424	67,27 ± 2,92 <sup>A</sup>	69,98 ± 0,60 <sup>AB</sup>	67,32 ± 3,75 <sup>A</sup>	70,71 ± 1,13 <sup>A</sup>	71,94 ± 1,64 <sup>AB</sup>
Irga 426	67,59 ± 0,87 <sup>A</sup>	69,02 ± 1,29 <sup>AB</sup>	68,91 ± 0,09 <sup>A</sup>	69,63 ± 0,77 <sup>A</sup>	70,23 ± 1,05 <sup>AB</sup>
Irga 431 CL	68,52 ± 0,67 <sup>A</sup>	68,68 ± 0,43 <sup>AB</sup>	68,87 ± 0,64 <sup>A</sup>	69,82 ± 1,86 <sup>A</sup>	71,42 ± 0,76 <sup>AB</sup>
Irga 417	67,26 ± 0,98 <sup>A</sup>	69,07 ± 0,26 <sup>AB</sup>	69,13 ± 1,73 <sup>A</sup>	69,80 ± 0,41 <sup>A</sup>	70,27 ± 0,92 <sup>AB</sup>
BRS Pampeira	68,30 ± 0,74 <sup>A</sup>	67,61 ± 0,84 <sup>B</sup>	66,86 ± 0,84 <sup>A</sup>	68,59 ± 1,31 <sup>A</sup>	69,87 ± 0,51 <sup>B</sup>
Irga 424 RI	67,15 ± 0,44 <sup>A</sup>	68,75 ± 1,32 <sup>AB</sup>	68,87 ± 0,73 <sup>A</sup>	69,91 ± 1,02 <sup>A</sup>	71,83 ± 1,25 <sup>AB</sup>
BR Irga 410	68,65 ± 0,18 <sup>A</sup>	68,92 ± 0,09 <sup>AB</sup>	70,05 ± 0,51 <sup>A</sup>	70,72 ± 0,12 <sup>A</sup>	72,76 ± 0,09 <sup>A</sup>
A					
BR Irga 409	-0,48 ± 0,03 <sup>A</sup>	-0,45 ± 0,11 <sup>A</sup>	-0,51 ± 0,05 <sup>AB</sup>	-0,44 ± 0,03 <sup>A</sup>	-0,33 ± 0,09 <sup>AB</sup>
Irga 424	-0,61 ± 0,04 <sup>ABCD</sup>	-0,48 ± 0,02 <sup>A</sup>	-0,42 ± 0,11 <sup>AB</sup>	-0,44 ± 0,04 <sup>A</sup>	-0,41 ± 0,09 <sup>BC</sup>
Irga 426	-0,51 ± 0,07 <sup>AB</sup>	-0,31 ± 0,11 <sup>A</sup>	-0,36 ± 0,12 <sup>AB</sup>	-0,16 ± 0,03 <sup>A</sup>	-0,27 ± 0,16 <sup>AB</sup>
Irga 431 CL	-0,56 ± 0,02 <sup>ABC</sup>	-0,32 ± 0,04 <sup>A</sup>	-0,36 ± 0,08 <sup>AB</sup>	-0,28 ± 0,20 <sup>A</sup>	-0,17 ± 0,04 <sup>A</sup>
Irga 417	-0,54 ± 0,11 <sup>ABC</sup>	-0,48 ± 0,07 <sup>A</sup>	-0,35 ± 0,07 <sup>A</sup>	-0,37 ± 0,09 <sup>A</sup>	-0,31 ± 0,12 <sup>AB</sup>
BRS Pampeira	-0,78 ± 0,10 <sup>D</sup>	-0,53 ± 0,07 <sup>A</sup>	-0,42 ± 0,07 <sup>AB</sup>	-0,51 ± 0,01 <sup>A</sup>	-0,61 ± 0,02 <sup>C</sup>
Irga 424 RI	-0,67 ± 0,03 <sup>BCD</sup>	-0,50 ± 0,10 <sup>A</sup>	-0,46 ± 0,00 <sup>AB</sup>	-0,45 ± 0,02 <sup>A</sup>	-0,39 ± 0,04 <sup>ABC</sup>
BR Irga 410	-0,72 ± 0,02 <sup>CD</sup>	-0,54 ± 0,11 <sup>A</sup>	-0,58 ± 0,06 <sup>B</sup>	-0,48 ± 0,07 <sup>A</sup>	-0,42 ± 0,00 <sup>BC</sup>
B					
BR Irga 409	7,06 ± 0,11 <sup>ABC</sup>	6,59 ± 0,10 <sup>A</sup>	6,72 ± 0,20 <sup>A</sup>	6,85 ± 0,51 <sup>A</sup>	7,17 ± 0,50 <sup>BC</sup>
Irga 424	6,64 ± 0,23 <sup>C</sup>	6,03 ± 0,16 <sup>A</sup>	5,93 ± 0,23 <sup>A</sup>	6,13 ± 0,33 <sup>A</sup>	6,62 ± 0,24 <sup>CD</sup>
Irga 426	7,67 ± 0,47 <sup>AB</sup>	6,39 ± 0,03 <sup>A</sup>	6,52 ± 0,44 <sup>A</sup>	7,81 ± 0,04 <sup>A</sup>	7,01 ± 0,44 <sup>BCD</sup>
Irga 431 CL	6,95 ± 0,24 <sup>ABC</sup>	6,47 ± 0,14 <sup>A</sup>	6,60 ± 0,07 <sup>A</sup>	7,20 ± 1,17 <sup>A</sup>	8,04 ± 0,08 <sup>A</sup>
Irga 417	7,08 ± 0,17 <sup>ABC</sup>	6,16 ± 0,24 <sup>A</sup>	5,84 ± 0,09 <sup>A</sup>	6,54 ± 0,40 <sup>A</sup>	6,87 ± 0,22 <sup>BCD</sup>
BRS Pampeira	6,59 ± 0,35 <sup>C</sup>	6,16 ± 0,53 <sup>A</sup>	6,65 ± 0,96 <sup>A</sup>	6,00 ± 0,38 <sup>A</sup>	6,32 ± 0,25 <sup>D</sup>
Irga 424 RI	7,80 ± 0,53 <sup>A</sup>	6,53 ± 0,50 <sup>A</sup>	6,63 ± 0,45 <sup>A</sup>	6,95 ± 0,15 <sup>A</sup>	7,55 ± 0,04 <sup>AB</sup>
BR Irga 410	6,81 ± 0,12 <sup>BC</sup>	6,37 ± 0,42 <sup>A</sup>	6,33 ± 0,11 <sup>A</sup>	6,33 ± 0,27 <sup>A</sup>	7,51 ± 0,15 <sup>AB</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O grau de brancura diferenciou ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos aos 30, 50 e 90 DAF. Aos 30 DAF, o genótipo IRGA 424 RI apresentou menor grau de brancura (33,97), diferenciando-se dos genótipos IRGA 424, BRS PAMPEIRA e BR-IRGA 410 que apresentaram valores mais altos. Aos 50 DAF o mesmo ocorreu, IRGA 424 RI apresentou menor grau de brancura, porém, apresentou diferença apenas com IRGA 424 e BR-IRGA 410. Já em 90 DAF BR-IRGA 409 e IRGA 424 obtiveram maior grau de brancura (41,74 e 42,10, respectivamente) e apresentaram diferença com os genótipos IRGA 426 e IRGA 431 CL, que apresentaram menor grau de brancura (38,73 e 37,88, respectivamente) e com IRGA 417, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410 (Tabela 9).

O maior grau de brancura tende a favorecer a comercialização dos grãos polidos, pois atende a preferência dos consumidores brasileiros que exigem grãos translúcidos e de coloração mais branca (ELIAS, 2007). Neste sentido, os genótipos IRGA 424 e BR-IRGA 410 apresentaram vantagem frente aos demais.

O grau de brancura pode ser maior na presença de áreas gessadas nos grãos. Nesta situação, há modificação na refração da luz e, conseqüentemente, na porcentagem de luz refletida pela amostra, conferindo coloração mais branca às partes gessadas do grão (LISLE et al., 2000). Por mais que brasileiros prefiram grãos mais brancos, grãos gessados não são requeridos, pois são suscetíveis a quebra durante o beneficiamento.

Tabela 9 - Grau de brancura (%) de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
BR Irga 409	38,03 ± 0,26 <sup>AB</sup>	41,14 ± 0,73 <sup>A</sup>	41,47 ± 2,23 <sup>AB</sup>	40,18 ± 3,05 <sup>A</sup>	41,74 ± 0,71 <sup>A</sup>
Irga 424	40,75 ± 2,18 <sup>A</sup>	43,05 ± 1,54 <sup>A</sup>	42,70 ± 1,02 <sup>A</sup>	41,09 ± 2,30 <sup>A</sup>	42,10 ± 0,38 <sup>A</sup>
Irga 426	37,61 ± 3,49 <sup>AB</sup>	39,98 ± 1,54 <sup>A</sup>	39,83 ± 1,36 <sup>AB</sup>	38,40 ± 1,58 <sup>A</sup>	38,73 ± 1,38 <sup>C</sup>
Irga 431 CL	37,92 ± 0,76 <sup>AB</sup>	40,27 ± 0,44 <sup>A</sup>	40,09 ± 0,70 <sup>AB</sup>	39,25 ± 1,02 <sup>A</sup>	37,88 ± 0,91 <sup>C</sup>
Irga 417	36,47 ± 0,53 <sup>AB</sup>	40,13 ± 0,55 <sup>A</sup>	40,57 ± 1,28 <sup>AB</sup>	37,59 ± 1,86 <sup>A</sup>	39,07 ± 0,76 <sup>BC</sup>
BRS Pampeira	38,93 ± 0,97 <sup>A</sup>	40,17 ± 1,93 <sup>A</sup>	40,25 ± 0,98 <sup>AB</sup>	38,63 ± 0,50 <sup>A</sup>	40,55 ± 0,75 <sup>ABC</sup>
Irga 424 RI	33,97 ± 1,39 <sup>B</sup>	39,07 ± 2,42 <sup>A</sup>	38,41 ± 1,27 <sup>B</sup>	37,41 ± 2,03 <sup>A</sup>	38,88 ± 1,55 <sup>BC</sup>
BR Irga 410	39,19 ± 0,41 <sup>A</sup>	40,22 ± 0,48 <sup>A</sup>	42,97 ± 1,29 <sup>A</sup>	41,14 ± 0,00 <sup>A</sup>	41,41 ± 0,45 <sup>AB</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Grãos gessados são definidos conforme a Instrução Normativa N° 6, de fevereiro de 2009 como grãos que apresentam coloração totalmente opaca e semelhante ao gesso. A ocorrência de áreas gessadas ocorre devido a um distúrbio no arranjo entre as moléculas de amido e proteínas, deixando-as frouxamente organizadas, com espaços de ar (SHEN, 2000). Estes espaços preenchidos com ar fazem com que o grão gessado possa vir a quebrar facilmente durante o beneficiamento (LIU et al., 2009).

Nas indústrias de arroz é comum classificar visualmente o percentual de grãos gessados em: (1) gessados, (2) “barriga branca”, e (3) “barriguinha”. Onde os grãos gessados apresentam área opaca acima de 75%, “barriga branca” de 50 a 74% e “barriguinha” de 25 a 49% (VINHAS, 2018). Este estudo considerou a classificação das indústrias onde grãos não gessados são aqueles que apresentaram de 0 a 24% de área opaca, “barriguinha” entre 25 e 49%, “barriga branca” entre 50 e 74% e grãos gessados 75% ou mais.

A porcentagem de grãos gessados diminuiu conforme os grãos foram classificados em: (1) não gessados, (2) “barriguinha”, (3) “barriga branca” e (4) gessados. Ou seja, a maioria dos grãos não apresentou porcentagem de gesso. Além disso, houve redução do percentual médio dos grãos gessados e não gessados (83,8 e 29,9%, respectivamente) e aumento dos “barriguinha” e “barriga branca” (65,9 e 63,2%, respectivamente) à medida em que a colheita atrasou.

Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos em todas classificações e épocas de colheita. BRS Pampeira obteve o percentual mais alto de grãos não gessados de 40 a 90 DAF, porém, BR-IRGA 409 e IRGA 424 obtiveram os mais baixos em todas as épocas de colheita e BR-IRGA 410 em 30, 50, 60 e 90 DAF (Tabela 10).

Na porcentagem classificada como “barriguinha” BRS PAMPEIRA e IRGA 426 apresentaram os índices mais baixos em todas as épocas de colheita, exceto em 30 e 50 DAF, respectivamente, enquanto BR-IRGA Irga 410 apresentou os mais altos em 30, 50, 60 e 90 DAF, e BR-IRGA 409 e IRGA 424 em 40, 60 e 90 DAF.

Os maiores percentuais de “barriga branca” foram em BR-IRGA 409 (de 40 a 60 DAF), IRGA 424 (30, 60 e 90 DAF), IRGA 424 RI e BR Irga 410 (apenas em 90 DAF). Os

menores ocorreram IRGA 426 e IRGA 424 RI em 30 DAF, IRGA 417 em 40 DAF e em BRS PAMPEIRA de 50 a 90 DAF.

Na porcentagem considerada grãos gessados muitas amostras não apresentaram resultados, principalmente em 50 e 60 DAF e nos genótipos BRS PAMPEIRA e IRGA 417. O genótipo IRGA 424 apresentou maior percentual de grãos gessados em 30 DAF e BR-IRGA 409 de 40 a 90 DAF. Onde diferenciaram-se ( $P < 0,05$ ) dos demais genótipos.

Ao todo, BRS PAMPEIRA destacou-se por apresentar maior porcentagem de grãos não gessados e menor percentual nas demais classificações. O contrário ocorreu em BR-IRGA 409 e IRGA 424 RI, que apresentam maiores percentuais em grãos gessados, “barriguinha” e “barriga branca”. Já BR-IRGA 410 obteve maiores índices em “barriguinha” e “barriga branca”. Os resultados de BRS PAMPEIRA e BR-IRGA 410 estão de acordo com (SOSBAI, 2018) onde afirmaram que BR-IRGA 410 possui alto índice de centro branco, enquanto BRS PAMPEIRA apresenta baixo índice.

Na maturação fisiológica é quando ocorre maior ocorrência de defeitos, como grãos verdes, mal-formados e gessados (RIBEIRO et al., 2004). No entanto, a incidência de gessados está relacionada com as características genéticas de cada genótipo (PEÑA, 2017). Segundo SOSBAI (2018), o genótipo BR-IRGA 410 apresenta alto índice de centro branco, enquanto IRGA 424 apresenta índice intermediário. Por outro lado, BR-IRGA 409, IRGA 417, IRGA 431 CL (ALMEIDA et al., 2019) e BRS PAMPEIRA apresentam índice baixo (EMBRAPA, 2019). Isso explica a baixa incidência de “barriguinha”, “barriga branca” e “gessados” e alta porcentagem de não gessados no genótipo BRS PAMPEIRA.

Tabela 10 - Porcentagem de grãos gessados (%) de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
Não gessados					
BR Irga 409	87,96 ± 4,40 <sup>AB</sup>	64,91 ± 3,25 <sup>C</sup>	67,53 ± 3,38 <sup>D</sup>	62,95 ± 3,15 <sup>D</sup>	53,03 ± 2,65 <sup>CD</sup>
Irga 424	80,83 ± 4,04 <sup>B</sup>	70,89 ± 3,54 <sup>BC</sup>	74,37 ± 3,72 <sup>BCD</sup>	63,31 ± 3,17 <sup>D</sup>	49,75 ± 2,49 <sup>CD</sup>
Irga 426	93,93 ± 4,70 <sup>A</sup>	87,56 ± 4,38 <sup>A</sup>	82,14 ± 4,11 <sup>AB</sup>	82,26 ± 4,11 <sup>AB</sup>	71,97 ± 3,60 <sup>B</sup>
Irga 431 CL	83,83 ± 4,19 <sup>AB</sup>	82,29 ± 4,11 <sup>A</sup>	70,17 ± 3,51 <sup>CD</sup>	69,60 ± 3,48 <sup>CD</sup>	54,85 ± 2,74 <sup>C</sup>
Irga 417	88,85 ± 4,44 <sup>AB</sup>	85,10 ± 4,25 <sup>A</sup>	73,72 ± 3,69 <sup>BCD</sup>	81,47 ± 4,07 <sup>AB</sup>	68,76 ± 3,44 <sup>B</sup>
BRS Pampeira	79,49 ± 3,97 <sup>B</sup>	86,99 ± 4,35 <sup>A</sup>	89,69 ± 4,48 <sup>A</sup>	87,80 ± 4,39 <sup>A</sup>	81,41 ± 4,07 <sup>A</sup>
Irga 424 RI	91,39 ± 4,57 <sup>AB</sup>	81,50 ± 4,08 <sup>AB</sup>	79,13 ± 3,96 <sup>ABC</sup>	75,03 ± 3,75 <sup>BC</sup>	54,91 ± 2,75 <sup>C</sup>
BR Irga 410	80,01 ± 4,00 <sup>B</sup>	76,47 ± 3,82 <sup>AB</sup>	68,50 ± 3,42 <sup>CD</sup>	65,36 ± 3,27 <sup>CD</sup>	46,19 ± 2,31 <sup>D</sup>
Barriguinha					
BR Irga 409	7,88 ± 0,39 <sup>D</sup>	25,67 ± 1,28 <sup>A</sup>	22,55 ± 1,13 <sup>B</sup>	28,25 ± 1,41 <sup>AB</sup>	38,31 ± 1,92 <sup>AB</sup>
Irga 424	11,83 ± 0,59 <sup>C</sup>	23,24 ± 1,16 <sup>AB</sup>	21,99 ± 1,10 <sup>B</sup>	27,96 ± 1,40 <sup>AB</sup>	37,63 ± 1,88 <sup>AB</sup>
Irga 426	5,17 ± 0,26 <sup>E</sup>	9,68 ± 0,48 <sup>D</sup>	14,79 ± 0,74 <sup>C</sup>	13,68 ± 0,68 <sup>DE</sup>	19,76 ± 0,99 <sup>E</sup>
Irga 431 CL	13,48 ± 0,67 <sup>B</sup>	15,83 ± 0,79 <sup>C</sup>	24,47 ± 1,22 <sup>B</sup>	25,33 ± 1,27 <sup>B</sup>	35,74 ± 1,79 <sup>BC</sup>
Irga 417	9,21 ± 0,46 <sup>D</sup>	14,20 ± 0,71 <sup>C</sup>	23,08 ± 1,15 <sup>B</sup>	16,07 ± 0,80 <sup>D</sup>	25,62 ± 1,28 <sup>D</sup>
BRS Pampeira	14,70 ± 0,74 <sup>B</sup>	10,77 ± 0,54 <sup>D</sup>	8,85 ± 0,44 <sup>D</sup>	10,66 ± 0,53 <sup>E</sup>	16,18 ± 0,81 <sup>E</sup>
Irga 424 RI	5,55 ± 0,28 <sup>E</sup>	14,11 ± 0,71 <sup>C</sup>	16,58 ± 0,83 <sup>C</sup>	19,81 ± 0,99 <sup>C</sup>	31,94 ± 1,60 <sup>C</sup>
BR Irga 410	16,34 ± 0,82 <sup>A</sup>	20,98 ± 1,05 <sup>B</sup>	29,17 ± 1,46 <sup>A</sup>	30,69 ± 1,53 <sup>A</sup>	41,36 ± 2,07 <sup>A</sup>
Barriga branca					
BR Irga 409	3,81 ± 0,19 <sup>C</sup>	8,45 ± 0,42 <sup>A</sup>	8,16 ± 0,41 <sup>A</sup>	8,05 ± 0,40 <sup>A</sup>	8,43 ± 0,42 <sup>B</sup>
Irga 424	6,22 ± 0,31 <sup>A</sup>	5,81 ± 0,19 <sup>B</sup>	3,63 ± 0,18 <sup>CD</sup>	8,60 ± 0,43 <sup>A</sup>	12,54 ± 0,63 <sup>A</sup>
Irga 426	0,89 ± 0,04 <sup>F</sup>	2,74 ± 0,14 <sup>D</sup>	2,88 ± 0,14 <sup>EF</sup>	4,04 ± 0,20 <sup>C</sup>	8,22 ± 0,41 <sup>B</sup>
Irga 431 CL	2,51 ± 0,13 <sup>D</sup>	1,85 ± 0,09 <sup>E</sup>	5,24 ± 0,26 <sup>B</sup>	4,96 ± 0,25 <sup>B</sup>	9,40 ± 0,47 <sup>B</sup>
Irga 417	1,92 ± 0,10 <sup>E</sup>	0,70 ± 0,04 <sup>F</sup>	3,20 ± 0,16 <sup>DE</sup>	2,46 ± 0,12 <sup>D</sup>	5,59 ± 0,28 <sup>C</sup>
BRS Pampeira	5,47 ± 0,27 <sup>B</sup>	2,24 ± 0,11 <sup>DE</sup>	1,46 ± 0,07 <sup>G</sup>	1,53 ± 0,08 <sup>E</sup>	2,41 ± 0,12 <sup>D</sup>
Irga 424 RI	2,30 ± 0,12 <sup>DE</sup>	4,30 ± 0,22 <sup>C</sup>	4,24 ± 0,21 <sup>C</sup>	5,16 ± 0,26 <sup>B</sup>	13,07 ± 0,65 <sup>A</sup>
BR Irga 410	3,45 ± 0,17 <sup>C</sup>	2,45 ± 0,12 <sup>DE</sup>	2,34 ± 0,12 <sup>F</sup>	3,95 ± 0,20 <sup>C</sup>	12,43 ± 0,62 <sup>A</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Continuação da Tabela 10

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
	Gessados				
BR Irga 409	0,35 ± 0,02 <sup>C</sup>	0,97 ± 0,05 <sup>A</sup>	1,75 ± 0,09 <sup>A</sup>	0,74 ± 0,04 <sup>A</sup>	0,23 ± 0,01 <sup>A</sup>
Irga 424	1,11 ± 0,06 <sup>A</sup>	0,05 ± 0,00 <sup>BC</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>D</sup>	0,13 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,08 ± 0,00 <sup>B</sup>
Irga 426	0,01 ± 0,00 <sup>E</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>CD</sup>	0,19 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,03 ± 0,00 <sup>C</sup>	0,05 ± 0,00 <sup>C</sup>
Irga 431 CL	0,18 ± 0,01 <sup>D</sup>	0,03 ± 0,00 <sup>CD</sup>	0,12 ± 0,01 <sup>BC</sup>	0,11 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>D</sup>
Irga 417	0,02 ± 0,00 <sup>E</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>D</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>D</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>C</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>D</sup>
BRS Pampeira	0,34 ± 0,02 <sup>C</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>D</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>D</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>C</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>E</sup>
Irga 424 RI	0,75 ± 0,04 <sup>B</sup>	0,09 ± 0,00 <sup>B</sup>	0,05 ± 0,00 <sup>CD</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>C</sup>	0,08 ± 0,00 <sup>B</sup>
BR Irga 410	0,20 ± 0,01 <sup>D</sup>	0,09 ± 0,00 <sup>B</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>D</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>C</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>D</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Relacionando os genótipos entre si, foi verificada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) no percentual de grãos com fissuras em 40, 50, 60 e 90 DAF. Em 50, 60 e 90 DAF, os genótipos IRGA 426 e BRS PAMPEIRA apresentaram diferença ( $P < 0,05$ ) dos demais genótipos por apresentarem os menores valores, o que indica uma maior resistência ao atraso da colheita. Todavia, os genótipos IRGA 424 RI, BR-IRGA 410 e IRGA 431 CL apresentaram menor tolerância ao atraso na colheita a partir de 60 DAF, indicando suscetibilidade a fissuras (Tabela 11).

Tabela 11 - Percentual de grãos com fissuras (%) de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
BR Irga 409	0,08 ± 0,04 <sup>A</sup>	1,51 ± 0,05 <sup>C</sup>	5,63 ± 0,19 <sup>A</sup>	7,44 ± 0,26 <sup>B</sup>	12,22 ± 0,24 <sup>C</sup>
Irga 424	0,42 ± 0,33 <sup>A</sup>	3,48 ± 0,26 <sup>A</sup>	5,42 ± 0,14 <sup>A</sup>	7,17 ± 0,43 <sup>B</sup>	8,56 ± 0,33 <sup>D</sup>
Irga 426	0,03 ± 0,04 <sup>A</sup>	0,32 ± 0,16 <sup>D</sup>	0,41 ± 0,03 <sup>C</sup>	0,90 ± 0,37 <sup>D</sup>	3,00 ± 0,06 <sup>F</sup>
Irga 431 CL	0,19 ± 0,16 <sup>A</sup>	0,72 ± 0,07 <sup>D</sup>	5,50 ± 0,03 <sup>A</sup>	10,25 ± 0,42 <sup>A</sup>	17,60 ± 0,67 <sup>B</sup>
Irga 417	0,28 ± 0,03 <sup>A</sup>	0,40 ± 0,05 <sup>D</sup>	3,02 ± 0,14 <sup>B</sup>	4,13 ± 0,05 <sup>C</sup>	9,59 ± 0,34 <sup>D</sup>
BRS Pampeira	0,28 ± 0,09 <sup>A</sup>	0,34 ± 0,06 <sup>D</sup>	0,41 ± 0,13 <sup>C</sup>	1,63 ± 0,19 <sup>D</sup>	4,76 ± 0,33 <sup>E</sup>
Irga 424 RI	0,40 ± 0,28 <sup>A</sup>	2,41 ± 0,26 <sup>B</sup>	3,15 ± 0,50 <sup>B</sup>	6,49 ± 0,33 <sup>B</sup>	20,87 ± 0,04 <sup>A</sup>
BR Irga 410	0,52 ± 0,21 <sup>A</sup>	0,55 ± 0,07 <sup>D</sup>	5,94 ± 0,49 <sup>A</sup>	9,79 ± 0,43 <sup>A</sup>	20,45 ± 0,49 <sup>A</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os parâmetros dimensionais (comprimento, largura, espessura e relação comprimento/largura) são utilizados para determinar a classe do arroz. Onde diferentes variedades possuem diferentes dimensões (FAN et al., 2000). Neste estudo, todos os genótipos estudados se enquadraram na classe longo fino, conforme IN 6/2009, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009).

Os genótipos apresentaram diferença entre si ( $P < 0,05$ ) no comprimento e na largura em todas as épocas. Na espessura, os genótipos mostraram diferença ( $P < 0,05$ ) apenas em 30 DAF (Tabela 12).

O genótipo BRS PAMPEIRA apresentou grãos com maior comprimento em todas as épocas de colheita, apresentando diferença dos demais genótipos em 30 e 90 DAF.

Por outro lado, BR-IRGA 409, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410 apresentaram grãos de menor comprimento. A maior e menor média de comprimento dos grãos ocorreu em 30 DAF nos genótipos BRS PAMPEIRA (7,64mm) e BR-IRGA 409 (6,73mm), respectivamente.

Quanto a largura, os genótipos IRGA 426, IRGA 431 CL e IRGA 417 apresentaram os grãos mais estreitos em todas as épocas de colheita. Em contrapartida, IRGA 424 apresentou as maiores médias, diferenciando-se dos demais genótipos em 30 e 90 DAF.

O genótipo BRS PAMPEIRA foi o mais espesso (1,79mm), apresentando diferença com os demais genótipos, exceto IRGA 417 (1,75mm). Por outro lado, IRGA 431 CL apresentou grãos de menor espessura (1,67mm).

Apesar de haver diferença entre os genótipos, todos pertencem a classe longo fino, que têm a preferência dos consumidores brasileiros por apresentarem elevada expansão em volume após a cocção (FERREIRA et al., 2005).

Tabela 12 - Dimensões (mm) de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
<b>Comprimento</b>					
BR Irga 409	6,73 ± 0,09 <sup>D</sup>	6,73 ± 0,10 <sup>C</sup>	6,78 ± 0,03 <sup>B</sup>	6,80 ± 0,09 <sup>B</sup>	6,77 ± 0,10 <sup>CD</sup>
Irga 424	6,91 ± 0,08 <sup>CD</sup>	6,85 ± 0,03 <sup>BC</sup>	6,82 ± 0,11 <sup>B</sup>	6,90 ± 0,19 <sup>AB</sup>	6,96 ± 0,12 <sup>BC</sup>
Irga 426	7,28 ± 0,12 <sup>B</sup>	7,10 ± 0,13 <sup>AB</sup>	7,16 ± 0,18 <sup>AB</sup>	6,98 ± 0,13 <sup>AB</sup>	7,07 ± 0,03 <sup>BC</sup>
Irga 431 CL	7,25 ± 0,05 <sup>B</sup>	7,07 ± 0,14 <sup>B</sup>	7,13 ± 0,13 <sup>AB</sup>	7,21 ± 0,19 <sup>AB</sup>	7,10 ± 0,14 <sup>B</sup>
Irga 417	7,12 ± 0,00 <sup>BC</sup>	6,79 ± 0,12 <sup>BC</sup>	7,01 ± 0,06 <sup>AB</sup>	6,99 ± 0,48 <sup>AB</sup>	7,00 ± 0,05 <sup>BC</sup>
BRS Pampeira	7,64 ± 0,02 <sup>A</sup>	7,41 ± 0,02 <sup>A</sup>	7,33 ± 0,25 <sup>A</sup>	7,45 ± 0,17 <sup>A</sup>	7,54 ± 0,07 <sup>A</sup>
Irga 424 RI	6,77 ± 0,12 <sup>D</sup>	6,69 ± 0,17 <sup>C</sup>	6,74 ± 0,06 <sup>B</sup>	6,77 ± 0,13 <sup>B</sup>	6,65 ± 0,15 <sup>D</sup>
BR Irga 410	6,91 ± 0,06 <sup>CD</sup>	6,80 ± 0,10 <sup>BC</sup>	6,92 ± 0,19 <sup>AB</sup>	6,96 ± 0,18 <sup>AB</sup>	6,94 ± 0,15 <sup>BCD</sup>
<b>Largura</b>					
BR Irga 409	1,96 ± 0,09 <sup>BC</sup>	2,00 ± 0,02 <sup>B</sup>	2,00 ± 0,04 <sup>AB</sup>	2,01 ± 0,02 <sup>AB</sup>	1,99 ± 0,02 <sup>BC</sup>
Irga 424	2,11 ± 0,02 <sup>A</sup>	2,13 ± 0,03 <sup>A</sup>	2,19 ± 0,13 <sup>A</sup>	2,09 ± 0,03 <sup>A</sup>	2,12 ± 0,04 <sup>A</sup>
Irga 426	1,93 ± 0,02 <sup>BC</sup>	1,91 ± 0,05 <sup>B</sup>	1,91 ± 0,05 <sup>B</sup>	1,96 ± 0,05 <sup>BCD</sup>	1,93 ± 0,02 <sup>CD</sup>
Irga 431 CL	1,87 ± 0,01 <sup>C</sup>	1,91 ± 0,09 <sup>B</sup>	1,90 ± 0,05 <sup>B</sup>	1,89 ± 0,01 <sup>D</sup>	1,91 ± 0,02 <sup>D</sup>
Irga 417	1,94 ± 0,00 <sup>BC</sup>	1,90 ± 0,02 <sup>B</sup>	2,06 ± 0,17 <sup>AB</sup>	1,91 ± 0,01 <sup>CD</sup>	1,94 ± 0,02 <sup>CD</sup>
BRS Pampeira	2,00 ± 0,05 <sup>AB</sup>	2,01 ± 0,04 <sup>AB</sup>	1,97 ± 0,04 <sup>AB</sup>	2,01 ± 0,03 <sup>AB</sup>	2,01 ± 0,00 <sup>B</sup>
Irga 424 RI	2,02 ± 0,01 <sup>AB</sup>	2,00 ± 0,04 <sup>B</sup>	2,00 ± 0,05 <sup>AB</sup>	1,98 ± 0,05 <sup>BC</sup>	1,99 ± 0,03 <sup>BC</sup>
BR Irga 410	1,96 ± 0,01 <sup>BC</sup>	1,97 ± 0,02 <sup>B</sup>	1,99 ± 0,06 <sup>AB</sup>	1,99 ± 0,03 <sup>BC</sup>	2,05 ± 0,01 <sup>B</sup>
<b>Espessura</b>					
BR Irga 409	1,72 ± 0,02 <sup>BC</sup>	1,71 ± 0,01 <sup>A</sup>	1,73 ± 0,05 <sup>A</sup>	1,73 ± 0,00 <sup>A</sup>	1,75 ± 0,05 <sup>A</sup>
Irga 424	1,73 ± 0,02 <sup>B</sup>	1,73 ± 0,03 <sup>A</sup>	1,75 ± 0,02 <sup>A</sup>	1,73 ± 0,01 <sup>A</sup>	1,75 ± 0,03 <sup>A</sup>
Irga 426	1,71 ± 0,01 <sup>BC</sup>	1,74 ± 0,04 <sup>A</sup>	1,72 ± 0,04 <sup>A</sup>	1,71 ± 0,05 <sup>A</sup>	1,72 ± 0,02 <sup>A</sup>
Irga 431 CL	1,67 ± 0,02 <sup>C</sup>	1,68 ± 0,06 <sup>A</sup>	1,68 ± 0,02 <sup>A</sup>	1,71 ± 0,02 <sup>A</sup>	1,70 ± 0,04 <sup>A</sup>
Irga 417	1,75 ± 0,01 <sup>AB</sup>	1,73 ± 0,02 <sup>A</sup>	1,75 ± 0,01 <sup>A</sup>	1,72 ± 0,05 <sup>A</sup>	1,74 ± 0,02 <sup>A</sup>
BRS Pampeira	1,79 ± 0,01 <sup>A</sup>	1,73 ± 0,02 <sup>A</sup>	1,73 ± 0,07 <sup>A</sup>	1,77 ± 0,05 <sup>A</sup>	1,75 ± 0,00 <sup>A</sup>
Irga 424 RI	1,72 ± 0,03 <sup>BC</sup>	1,71 ± 0,01 <sup>A</sup>	1,71 ± 0,03 <sup>A</sup>	1,71 ± 0,02 <sup>A</sup>	1,72 ± 0,03 <sup>A</sup>
BR Irga 410	1,73 ± 0,00 <sup>B</sup>	1,69 ± 0,02 <sup>A</sup>	1,71 ± 0,01 <sup>A</sup>	1,72 ± 0,02 <sup>A</sup>	1,75 ± 0,00 <sup>A</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A força de ruptura no arroz é a força mínima necessária capaz de quebrar o grão. Essa força está correlacionada com a espessura (LU; SIEBENMORGEN, 1995; QIN; SIEBENMORGEN, 2005) e a porcentagem de fissuras (NGUYEN; KUNZE, 1984) nos

quais grãos mais finos e fissurados apresentam menores forças de ruptura, enquanto grãos mais grossos tendem a ser mais resistentes.

Comparando os genótipos, houve diferença ( $P < 0,05$ ) na força de ruptura em todas as épocas de colheita. O genótipo IRGA 424 RI apresentou as maiores forças de resistência a ruptura em 30, 40 e 50 DAF em conjunto aos genótipos: BRS PAMPEIRA; BRS PAMPEIRA e IRGA 424; e BR-IRGA 410, respectivamente. BRS PAMPEIRA apresentou médias elevadas durante todo atraso na colheita, entretanto, diferenciou-se estatisticamente ( $P < 0,05$ ) de todos os genótipos apenas em 60 DAF. Em contrapartida, o genótipo IRGA 431 CL apresentou baixos valores de força de ruptura em todas épocas de colheita, sendo os menores, em número, em 40, 60 e 90 DAF quando comparados aos demais genótipos. Isso pode estar relacionado com a espessura e quantidade de fissuras nos grãos, já que o genótipo demonstrou ter grãos de menor espessura e grande porcentagem de fissuras (Tabela 13).

Tabela 13 - Força de ruptura (N) de genótipos de arroz polido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
BR Irga 409	9,26 ± 0,46 <sup>B</sup>	11,00 ± 0,35 <sup>CD</sup>	8,68 ± 0,45 <sup>D</sup>	13,02 ± 0,58 <sup>BC</sup>	9,45 ± 0,86 <sup>BCDE</sup>
Irga 424	8,92 ± 0,47 <sup>B</sup>	13,30 ± 0,43 <sup>A</sup>	9,04 ± 0,37 <sup>CD</sup>	11,69 ± 0,43 <sup>CD</sup>	8,00 ± 0,86 <sup>DE</sup>
Irga 426	8,37 ± 0,14 <sup>B</sup>	11,87 ± 0,09 <sup>BC</sup>	10,46 ± 0,85 <sup>BC</sup>	12,10 ± 0,71 <sup>BCD</sup>	11,09 ± 0,65 <sup>AB</sup>
Irga 431 CL	8,74 ± 0,36 <sup>B</sup>	10,81 ± 0,57 <sup>D</sup>	10,24 ± 0,30 <sup>BCD</sup>	10,86 ± 0,57 <sup>D</sup>	7,91 ± 0,33 <sup>E</sup>
Irga 417	8,66 ± 0,41 <sup>B</sup>	11,85 ± 0,24 <sup>BCD</sup>	8,93 ± 0,14 <sup>CD</sup>	13,21 ± 0,28 <sup>B</sup>	9,86 ± 0,79 <sup>BC</sup>
BRS Pampeira	11,21 ± 0,56 <sup>A</sup>	12,54 ± 0,58 <sup>AB</sup>	10,45 ± 0,42 <sup>BC</sup>	17,55 ± 0,60 <sup>A</sup>	9,67 ± 0,37 <sup>BCD</sup>
Irga 424 RI	10,63 ± 0,39 <sup>A</sup>	12,96 ± 0,11 <sup>A</sup>	11,11 ± 0,76 <sup>AB</sup>	12,24 ± 0,55 <sup>BCD</sup>	8,24 ± 0,22 <sup>CDE</sup>
BR Irga 410	9,29 ± 0,37 <sup>B</sup>	11,66 ± 0,18 <sup>BCD</sup>	12,08 ± 0,78 <sup>A</sup>	12,16 ± 0,45 <sup>BCD</sup>	12,30 ± 0,12 <sup>A</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O tempo de cocção apresentou diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos em todas as épocas de colheita. Em 40 DAF, os genótipos IRGA 431 CL, BRS PAMPEIRA e IRGA 424 RI obtiveram os menores tempo de cocção (13,12, 13,10 e 13,53 min, respectivamente), apresentando diferença com BR-IRGA 409 e IRGA 417 que obtiveram os maiores (14,43 e 14,30 min). O genótipo BR-IRGA 410 obteve elevados tempos de cocção, apresentando diferença com IRGA 431 CL, BRS PAMPEIRA e IRGA 424 RI em 30 DAF; com IRGA 431 CL em 60 DAF; e com os demais genótipos em 50 e 90 DAF (Tabela 14).

O tempo de cocção é o tempo que o arroz leva até que 90% dos grãos estejam cozidos. Também é um dos parâmetros de qualidade e tem sido utilizado para avaliar o comportamento culinário do arroz (JULIANO; BECHTEL, 1985). Já a capacidade de absorção de água (CAA) é a quantidade de água absorvida pelo arroz durante a cocção (OKEZIE; BELLO, 1988).

Esses parâmetros estão relacionados com a ocorrência de fissuras e com a porcentagem de grãos gessados. Grãos gessados (LANG et al., 2012; ZHANG et al., 2009) e fissurados (MOHORIC et al., 2004; SOUZA et al., 2018) aumentam a capacidade de absorção de água, reduzindo a dureza, aumentando a capacidade de gelatinização e diminuindo seu tempo de cocção.

Tabela 14 - Tempo de cocção (minutos) de genótipos de arroz polido e cozido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
BR Irga 409	14,43 ± 0,51 <sup>AB</sup>	14,43 ± 0,51 <sup>A</sup>	14,00 ± 0,00 <sup>B</sup>	14,03 ± 0,06 <sup>AB</sup>	14,10 ± 0,17 <sup>B</sup>
Irga 424	13,77 ± 0,68 <sup>ABC</sup>	14,10 ± 0,17 <sup>AB</sup>	13,33 ± 0,58 <sup>B</sup>	14,27 ± 1,00 <sup>AB</sup>	14,10 ± 0,17 <sup>B</sup>
Irga 426	13,65 ± 0,35 <sup>ABC</sup>	14,10 ± 0,17 <sup>AB</sup>	13,37 ± 0,55 <sup>B</sup>	13,82 ± 0,32 <sup>AB</sup>	13,87 ± 0,51 <sup>B</sup>
Irga 431 CL	13,20 ± 0,17 <sup>C</sup>	13,12 ± 0,10 <sup>C</sup>	13,00 ± 0,00 <sup>B</sup>	12,87 ± 0,75 <sup>B</sup>	13,10 ± 0,17 <sup>B</sup>
Irga 417	14,15 ± 0,15 <sup>ABC</sup>	14,30 ± 0,00 <sup>A</sup>	13,83 ± 0,38 <sup>B</sup>	13,73 ± 0,64 <sup>AB</sup>	14,00 ± 0,00 <sup>B</sup>
BRS Pampeira	13,43 ± 0,51 <sup>BC</sup>	13,10 ± 0,17 <sup>C</sup>	13,53 ± 0,40 <sup>B</sup>	13,90 ± 0,46 <sup>AB</sup>	13,40 ± 0,10 <sup>B</sup>
Irga 424 RI	13,20 ± 0,58 <sup>C</sup>	13,53 ± 0,17 <sup>BC</sup>	13,60 ± 0,35 <sup>B</sup>	13,10 ± 0,17 <sup>AB</sup>	13,67 ± 0,58 <sup>B</sup>
BR Irga 410	14,65 ± 0,65 <sup>A</sup>	14,15 ± 0,45 <sup>AB</sup>	15,23 ± 0,23 <sup>A</sup>	14,55 ± 0,45 <sup>A</sup>	15,65 ± 0,65 <sup>A</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Foi observada diferença ( $P < 0,05$ ) na capacidade de absorção de água entre os genótipos somente em 90 dias após a floração. Onde IRGA 426, IRGA 431 CL e IRGA 417 apresentaram maiores valores de CAA (2,42, 2,55 e 2,39%), se diferenciando de BRS PAMPEIRA e BR-IRGA 410 que obtiveram os menores valores (2,33 e 2,34%). Isso não pode ser explicado pela porcentagem de grãos fissurados nesta época de colheita, já que IRGA 426 apresentou menor porcentagem (3,00%) e IRGA 431 CL porcentagem elevada (17,60%) (Tabela 15).

Grãos gessados afetam diretamente as características sensoriais e de cocção do arroz. Devido ao distúrbio no arranjo entre as moléculas de amido e proteínas, tornando-as com espaços de ar (SHEN, 2000), os grãos gessados aumentam a capacidade de absorção de água, reduzindo a dureza, aumentando a capacidade de gelatinização e diminuindo o tempo de cocção (LANG et al., 2012; ZHANG et al., 2009). Portanto, o aumento do percentual de grãos gessados, promove redução do tempo de cocção (MORAIS, 2012).

Tabela 15 - Capacidade de absorção de água (%) de genótipos de arroz polido e cozido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
BR Irga 409	2,56 ± 0,17 <sup>A</sup>	2,48 ± 0,16 <sup>A</sup>	2,66 ± 0,11 <sup>A</sup>	2,43 ± 0,18 <sup>A</sup>	2,38 ± 0,17 <sup>AB</sup>
Irga 424	2,40 ± 0,06 <sup>A</sup>	2,49 ± 0,11 <sup>A</sup>	2,61 ± 0,11 <sup>A</sup>	2,46 ± 0,01 <sup>A</sup>	2,49 ± 0,02 <sup>AB</sup>
Irga 426	2,38 ± 0,02 <sup>A</sup>	2,55 ± 0,28 <sup>A</sup>	2,70 ± 0,09 <sup>A</sup>	2,37 ± 0,05 <sup>A</sup>	2,42 ± 0,06 <sup>A</sup>
Irga 431 CL	2,52 ± 0,12 <sup>A</sup>	2,76 ± 0,33 <sup>A</sup>	2,68 ± 0,12 <sup>A</sup>	2,53 ± 0,05 <sup>A</sup>	2,55 ± 0,06 <sup>A</sup>
Irga 417	2,27 ± 0,00 <sup>A</sup>	2,54 ± 0,15 <sup>A</sup>	2,53 ± 0,24 <sup>A</sup>	2,30 ± 0,04 <sup>A</sup>	2,39 ± 0,03 <sup>A</sup>
BRS Pampeira	2,44 ± 0,30 <sup>A</sup>	2,34 ± 0,05 <sup>A</sup>	2,41 ± 0,11 <sup>A</sup>	2,44 ± 0,09 <sup>A</sup>	2,33 ± 0,04 <sup>B</sup>
Irga 424 RI	2,36 ± 0,04 <sup>A</sup>	2,33 ± 0,02 <sup>A</sup>	2,68 ± 0,16 <sup>A</sup>	2,45 ± 0,12 <sup>A</sup>	2,49 ± 0,02 <sup>AB</sup>
BR Irga 410	2,37 ± 0,02 <sup>A</sup>	2,46 ± 0,06 <sup>A</sup>	2,48 ± 0,02 <sup>A</sup>	2,36 ± 0,02 <sup>A</sup>	2,34 ± 0,02 <sup>B</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A dureza dos grãos após o cozimento é a força máxima obtida no primeiro ciclo de compressão, quando os grãos são comprimidos até 90% de sua espessura. Enquanto a adesividade é a força necessária negativa obtida durante

o retorno da haste após o primeiro pico de compressão (REWTHONG et al., 2011).

A dureza apresentou diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos em todas as épocas de colheita. IRGA 424 apresentou a menor média em 50 DAF, diferenciando-se de todos outros genótipos. Em 30 DAF apresentou menor média em conjunto com IRGA 431 CL e em 40 DAF em conjunto com BR-IRGA 409, IRGA 426, IRGA 424 RI e BR-IRGA 410. Entretanto, em 90 DAF, IRGA 424 apresentou a maior dureza em conjunto com BR-IRGA 409, IRGA 426 e BRS PAMPEIRA. A adesividade também apresentou diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos em todas as épocas de colheita. O genótipo IRGA 426 obteve maior adesividade em 40 DAF, diferenciando-se dos demais genótipos (-180,44g/sec), em 60 DAF em conjunto com IRGA 431 CL e em 90 DAF em conjunto com IRGA 424. Por outro lado, BR-IRGA 409 apresentou o menor resultado de adesividade em 50 DAF (-63,41g/sec) diferenciando-se de todos os genótipos e em 30 DAF em conjunto com IRGA 424 RI (Tabela 16).

Tabela 16 - Dureza e adesividade de genótipos de arroz polido e cozido submetidos ao atraso na colheita

Genótipo	Época de colheita (DAF)				
	30	40	50	60	90
	Dureza (g)				
BR Irga 409	3.999,26 ± 219,3 <sup>A</sup>	3.589,46 ± 192,8 <sup>AB</sup>	3.189,58 ± 254,2 <sup>BC</sup>	2.695,13 ± 15,8 <sup>BC</sup>	2.319,01 ± 16,9 <sup>AB</sup>
Irga 424	2.808,61 ± 33,3 <sup>B</sup>	2.596,51 ± 117,8 <sup>B</sup>	2.738,00 ± 9,9 <sup>C</sup>	2.811,64 ± 69,6 <sup>BC</sup>	2.928,20 ± 223,4 <sup>A</sup>
Irga 426	3.765,53 ± 113,6 <sup>A</sup>	3.900,59 ± 399,5 <sup>AB</sup>	4.489,74 ± 313,4 <sup>A</sup>	2.604,27 ± 13,2 <sup>BC</sup>	2.718,64 ± 129,4 <sup>AB</sup>
Irga 431 CL	3.368,45 ± 334,2 <sup>AB</sup>	4.244,18 ± 476,9 <sup>A</sup>	4.437,16 ± 425,7 <sup>A</sup>	3.902,69 ± 368,9 <sup>A</sup>	2.249,97 ± 25,2 <sup>B</sup>
Irga 417	3.900,61 ± 113,9 <sup>A</sup>	4.564,14 ± 351,4 <sup>A</sup>	3.958,29 ± 329,4 <sup>AB</sup>	3.434,43 ± 430,8 <sup>AB</sup>	2.172,72 ± 74,5 <sup>B</sup>
BRS Pampeira	3.745,50 ± 266,3 <sup>A</sup>	4.607,69 ± 324,8 <sup>A</sup>	3.975,29 ± 214,7 <sup>AB</sup>	2.238,45 ± 142,3 <sup>C</sup>	2.461,68 ± 292,1 <sup>AB</sup>
Irga 424 RI	3.800,83 ± 282,2 <sup>A</sup>	3.268,07 ± 349,3 <sup>AB</sup>	4.153,61 ± 67,7 <sup>AB</sup>	2.873,19 ± 207,8 <sup>BC</sup>	2.079,96 ± 220,6 <sup>B</sup>
BR Irga 410	3.903,26 ± 36,3 <sup>A</sup>	3.775,25 ± 491,6 <sup>AB</sup>	4.387,19 ± 418,0 <sup>A</sup>	2.799,39 ± 136,9 <sup>BC</sup>	2.080,69 ± 149,8 <sup>B</sup>
	Adesividade (g/sec)				
BR Irga 409	-83,60 ± 5,60 <sup>C</sup>	-66,66 ± 5,72 <sup>C</sup>	-63,41 ± 2,25 <sup>D</sup>	-42,16 ± 0,66 <sup>D</sup>	-35,66 ± 0,06 <sup>B</sup>
Irga 424	-172,03 ± 10,14 <sup>A</sup>	-86,81 ± 10,40 <sup>C</sup>	-119,85 ± 10,43 <sup>BC</sup>	-77,32 ± 0,56 <sup>BC</sup>	-103,27 ± 11,75 <sup>A</sup>
Irga 426	-148,00 ± 19,49 <sup>AB</sup>	-180,44 ± 14,54 <sup>A</sup>	-115,59 ± 8,70 <sup>C</sup>	-104,23 ± 10,56 <sup>A</sup>	-103,56 ± 12,92 <sup>A</sup>
Irga 431 CL	-150,16 ± 12,78 <sup>AB</sup>	-80,98 ± 1,47 <sup>C</sup>	-112,75 ± 9,44 <sup>C</sup>	-99,55 ± 8,28 <sup>AB</sup>	-36,29 ± 2,91 <sup>B</sup>
Irga 417	-190,37 ± 23,40 <sup>A</sup>	-125,56 ± 4,71 <sup>B</sup>	-157,30 ± 4,24 <sup>A</sup>	-75,23 ± 6,78 <sup>BC</sup>	-38,05 ± 4,00 <sup>B</sup>
BRS Pampeira	-155,55 ± 15,28 <sup>AB</sup>	-137,38 ± 11,11 <sup>B</sup>	-145,62 ± 9,50 <sup>AB</sup>	-54,65 ± 7,74 <sup>CD</sup>	-48,98 ± 5,17 <sup>B</sup>
Irga 424 RI	-105,50 ± 13,87 <sup>BC</sup>	-75,28 ± 4,53 <sup>C</sup>	-118,59 ± 3,20 <sup>BC</sup>	-59,71 ± 5,96 <sup>CD</sup>	-36,41 ± 3,90 <sup>B</sup>
BR Irga 410	-173,94 ± 14,46 <sup>A</sup>	-56,38 ± 1,14 <sup>C</sup>	-93,94 ± 3,08 <sup>C</sup>	-58,90 ± 2,13 <sup>CD</sup>	-31,58 ± 1,73 <sup>B</sup>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas comparam os genótipos na mesma coluna. As comparações foram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

## 6 Conclusão

O rendimento de grãos inteiros de diferentes genótipos de arroz responde de forma variada ao atraso na colheita. O atraso na colheita afeta as propriedades tecnológicas dos grãos de arroz, resultando no aumento de percentual de grãos fissurados e quebrados e na redução do grau de umidade e rendimento de grãos inteiros. Os oito genótipos analisados apresentaram os menores valores do percentual de grãos com fissuras e adesividade aos 30 DAF, e os maiores para grãos com fissuras aos 90 DAF. No entanto, somente as propriedades de percentual de grãos fissurados, dureza e adesividade foram validadas.

Os genótipos IRGA 431 CL e IRGA 424 RI apresentaram os maiores valores estimados de RI (71,43% e 72,91%, respectivamente) em 28 e 35 DAF, com grau de umidade de 19,6 e 19,8%, respectivamente, e o genótipo BRS PAMPEIRA apresentou o menor (54,83%) em 44 DAF, com 18,6%.

No genótipo BR-IRGA 409 as principais mudanças nas características tecnológicas analisadas foram observadas a partir do 50 DAF, enquanto para o genótipo IRGA 424, esta época apresentou ser a mais adequada para consumo.

## Referências bibliográficas

ALMEIDA, D.; FAVERO, D.; MIRANDA, F. F.; FONSECA, G. M.; VALENTE, G. B.; GROHS, M.; LOPES, S. I. G. **IRGA 431 CL: resistência à brusone e excelente qualidade de grãos**. Cachoeirinha: Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), 2019, 6p. (IRGA, circular técnica 002/Ago2019).

BORRMANN, D. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabólitos incolores**. 2009. 125 f. Tese (doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa N° 6 de 18 de fevereiro de 2009**. Regulamento técnico do arroz. Brasília: Diário Oficial da União.

CALDERWOOD, D. L.; BOLLICH, C. N.; SCOTT, J. E. Field Drying of Rough Rice: Effect on Grain Yield, Milling Quality, and Energy Saved. **Agronomy Journal**. v. 72, n. 4, p. 649, 1980. doi:10.2134/agronj1980.00021962007200040019x

CASTRO, E. da M. de; VIEIRA, N. R. de A.; RABELO, R. R.; SILVA, S. A. da. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34). p. 30, 1999. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/208032/1/circ34.pdf>>.

CHANG, Y. L. **Efeito de branqueadores e da radiação de micro-ondas na qualidade tecnológica do arroz integral**. 1977. 170f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, 1977.

CNOSSEN, A. G.; JIMÉNEZ, M. J.; SIEBENMORGEN, T. J. Rice fissuring response to high drying and tempering temperatures. **Food Engineering**. v. 59, n. 1, p. 61–69, 2003. doi:10.1016/s0260-8774(02)00431-4.

CNOSSEN, A. G.; SIEBENMORGEN, T. J. The glass transition temperature concept in rice drying and tempering: Effect on milling quality. **Transactions of the ASAE**. American Society of Agricultural Engineers. v. 43. p. 1661-1667, 2000.

CNOSSEN, A. G.; SIEBENMORGEN, T. J.; YANG, W.; BAUTISTA, R. C. An application of glass transition temperature to explain rice kernel fissure occurrence during the drying process. **Drying Technology**. v. 19, n. 8, p. 1661-1682, 2001. <https://doi.org/10.1081/DRT-100107265>.

DONG, M-H.; CHEN, P-F.; XIE, Y-L.; QIAO, Z-Y.; YANG, J-C. Variations in carbohydrate and protein accumulation among spikelets at different positions within a panicle during rice grain filling. **Rice Science**, v. 19, p. 223-232, 2012.

ELIAS, M. C. Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade. **Editora e Gráfica Universitária UFPEL**, Pelotas, RS, Brasil, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRS Pampeira é destaque no Balanço Social 2018 da Embrapa**. 2019 (Notícia eletrônica). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/42710090/brs-pampeira-e-destaque-no-balanco-social-2018-da-embrapa>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

FAN, J.; SIEBENMORGEN, T. J.; YANG, W. A study of head rice yield reduction of long- and medium-grain rice varieties in relation to various harvest and drying conditions. **Transactions of the ASAE**. v. 43. p. 1709-1714, 2000. doi:10.13031/2013.3072.

FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUSA, I. S. F.; MORAIS, O. P. Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 61, 2005.

HAYDON, K. N.; SIEBENMORGEN, T. J. Impacts of delayed drying on discoloration and functionality of rice. **Cereal Chemistry**, v. 94, p. 683–692, 2017.

IGUAZ, A.; RODRÍGUEZ, M.; VÍRSEDA, P. Influence of handling and processing of rough rice on fissures and head rice yields. **Food Engineering**. v. 77, n. 4, p. 803–809, 2006. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.08.006.

INFIELD, J. A.; SILVEIRA JUNIOR, P. Época de colheita e rendimento de engenho de quatro cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 19, n. 5, p. 599-604, 1984.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. **Aviso de habilitação de produtores para multiplicação e comercialização de cultivares de arroz protegidas e/ou mantidas pelo irga para safra 2017/2018**. p. 8, 2017. Disponível em: <<http://stirga2018-admin.hml.rs.gov.br/upload/arquivos/201805/22154519-aviso-de-habilitacao-de-produtores-para-multiplicacao-e-comercializacao-de-cultivares-de-arroz-protetidas-e-ou-mantidas-pelo-irga-para-safra-2017-2018.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. The rice grain and its gross composition. In: \_\_\_\_\_. **Rice: Chemistry and Technology** (edited by Champagne, E.T.). 2. Ed. New Orleans, MN, USA: American Association of Cereal Chemists., 1985. p. 17–58.

JULIANO, B.O. Rice: Overview. In: Wrigley, C.; Corke, H.; Seetharaman, K.; Faubion, J., Eds., **Encyclopedia of Food Grains**, v. 1, Academic Press, Oxford, 2016. p. 125-129.

- KAWASSAKI, Fabiana. **Efeito da região de plantio, cultivares, safras e parboilização sobre compostos fenólicos com atividade antioxidante em arroz integral produzido no Brasil**. 2011. 131f. Dissertação (mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. São Paulo. 2011.
- LANG, Y. Z.; YANG, X. D.; WANG, M. E.; ZHU, Q. S. Effects of lodging at different filling stages on rice yield and grain quality. **Rice Science**, v. 19, p. 315–319, 2012.
- LISLE, A. J.; MARTIN, M.; FITZGERALD, M. A. Chalky and translucent rice grains differ in starch composition and structure and cooking properties. **Cereal Chemistry**. v. 77, n. 5, p. 627-632, 2000.
- 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**, v. 16, n. 2, p. 161-164, 2009.
- LOPES, S. I.G.; MIRANDA, F. F.; LOPES, M. C. B.; GROHS, M.; SILVEIRA, R.; FREITAS, A. de; SIQUEIRA, L. B.; QUOOS, R.; OLIVEIRA, D.; BARROS, T. RIBEIRO, G. D.; GOULART, P. F.; OLIVEIRA, J. G. de. Curva de acumulação de massa seca nas panículas e determinação do período ideal de colheita em diversas cultivares de arroz irrigado do IRGA em cachoeirinha e cachoeira do sul, safra 2017/18. 2018.
- LU, R.; SIEBENMORGEN, T. J. Correlation of Head Rice Yield to Selected Physical and Mechanical Properties of Rice Kernels. **Transactions of the ASAE**. v. 38, n. 3, 889–894, 1995. doi:10.13031/2013.27905
- LU, Z. H.; LI, L. T.; MIN, W. H.; WANG, F.; TATSUMI, E. The effects of natural fermentation on the physical properties of rice flour and the rheological characteristics of rice noodles. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 40, n. 9, p. 985-992, 2005.
- MARCHEZAN, E.; GODOY, O. P.; FILHO, J. M. Relações entre época de semeadura, de colheita e de rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 7, p. 843-848, 1993.
- MARSAIOLI JÚNIOR, A.; ROCHA, C. R. Processo para aumentar o rendimento de inteiros e acelerar o envelhecimento do arroz recém colhido através de tratamento por microondas. BR0203014 (A). 2004. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/84853>>.
- MCGRANE, S. J.; CORNELL, H.J.; RIX, C.J. A simple and rapide colourimetric method for determination of amylose in starch products. **Starch/Stärke**, v. 50, n. 158-163, 1998.

MOHORIC, A., VERGELDT, F., GERKEMA, E., DE JAGER, A., VAN DUYNHOVEN, J., VAN DALEN, G., VAN AS, H. Magnetic resonance imaging of single rice kernels during cooking. **Journal of Magnetic Resonance**, v. 171, n. 1, p. 157-162, 2004. doi. 10.1016/j.jmr.2004.08.013

MORAIS, Mirelen Moreira. 106f. 2012. **Influências do gessamento sobre parâmetros de qualidade tecnológica e nas propriedades de consumo de arroz**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial., Pelotas, 2012.

MUKHOPADHYAY, S.; SIEBENMORGEN, T. J. Physical and Functional Characteristics of Broken Rice Kernels Caused by Moisture-Adsorption Fissuring. **Cereal Chemistry**, v. 94, n. 3, p. 539–545, 2017. doi:10.1094/cchem-08-16-0214-r.

NGUYEN, C. N., KUNZE, O. R. Fissures related to post-drying treatments in rough rice. **Cereal Chem.** v. 61, p. 63–68, 1984.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food science**, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.

OLIVEIRA, M.; AMATO, G. W. (Org.). **Arroz: tecnologia, processos e usos**. 1.ed. São Paulo: Blucher, 2021. v. 1, 218 p.

OLIVEIRA, M. **Arroz um alimento de verdade**: Fonte de nutrientes, aliado da saúde. 1. ed. Porto Alegre: Gráfica e Editora Gaúcha LTDA, 2021. v. 1. 92 p.

PANG, Z.; CHONG, J.; ZHOU, G.; MORAIS D.; CHANG, L.; BARRETTE, M.; GAUTHIER, C.; JACQUES, P. E.; LI, S.; XIA, J. MetaboAnalyst 5.0: narrowing the gap between raw spectra and functional insights. **Nucl. Acids Res.** 2021. (doi: 10.1093/nar/gkab382).

QIN, G.; SIEBENMORGEN, T. J. Harvest location and moisture content effects on rice kernel-to-kernel breaking force distributions. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 21, n. 6, p. 1011–1016. 2005. doi:10.13031/2013.20016

REWTHONG, O.; SOPONRONNARIT, S.; TAECHAPAIROJ, C.; TUNGTRAKUL, P. Effects of cooking, drying and pretreatment methods on texture and starch digestibility of instant rice. **Journal of Food Engineering**, v. 103, n. 3, p. 258–264, 2011.

RIBEIRO, G. J. T.; SOARES, A. A.; REIS, M. de S.; CORNÉLIO, V. M. de O. Efeitos do atraso na 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.

ROY, P.; IJIRI, T.; OKADOME, H. Effect os processing conditions on overall energy consumption and quality of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 89, n. 3, p. 343-348, 2008.

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**, v. 14, n. 4, p. 225-228, 2000.

SIEBENMORGEN, T. J.; QIN, G.; JIA, C. Influence of drying on rice fissure formation rates and mechanical strength distributions. **Transactions of the ASAE**. v. 48, 2005. doi:10.13031/2013.19981.

SIEBENMORGEN, T.J.; QIN, G. Relating rice kernel breaking force distributions to milling quality. **Transactions of the ASAE**. v. 48, n. 1, p. 223–228, 2005. doi:10.13031/2013.17921.

SMIDERLE, O. J; DIAS, C. T. dos S. Época de colheita e qualidade fisiológica de sementes em arroz irrigado (*Oryza sativa* cv. BRS Roraima). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 3, p. 188-194, 2008.

SOARES, A. A. **Cultura do arroz**. Lavras: UFLA, 2001. 111 p.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. XXXII Reunião Técnica da Cultura do arroz irrigado. 2018. Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/06085952-recomendacoes-tecnicas-sosbai.pdf>>. Acesso em 26 jul. 2021.

SOUZA, C. R C de; SILVA, L. H. da; COSTA, P. F. P. da. Redução do tempo de cocção do arroz integral através da indução de fissuras. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9. 2018.

VELUPILLAI, L.; PANDEY, J.P. The impact of fissured rice on mill yields. **Cereal Chemistry**. St. Paul, v. 67, n. 2, p. 118-24, 1990.

VINHAS, Marília Rösler. **Qualidade de grãos de arroz em função da época de supressão da água de irrigação**. 2018. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

YU, S.; MA, Y.; SUN, D. Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. **Journal of Cereal Science**, v. 50, n. 2, p. 139–144, 2009.

ZHANG, H.; TAN, G.; WANG, Z.; YANG, J.; ZHANG, J. Ethylene and ACC levels in developing grains are related to the poor appearance and milling quality of rice. **Plant Growth Regulation**, v. 58, n. 1, p. 85-96, 2009.