UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DIVA MENDONÇA GARCIA

EFEITO DA ÉPOCA DE COLHEITA NA QUALIDADE DO ARROZ DE TERRAS ALTAS SUBMETIDO À PARBOILIZAÇÃO

Goiânia
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DIVA MENDONÇA GARCIA

EFEITO DA ÉPOCA DE COLHEITA NA QUALIDADE DO ARROZ DE TERRAS ALTAS SUBMETIDO À PARBOILIZAÇÃO

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Caliari
Co-orientador: Dr. Eduardo da Costa Eifert

Goiânia
2009

UFG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DIVA MENDONÇA GARCIA

EFEITO DA ÉPOCA DE COLHEITA NA QUALIDADE DO ARROZ DE TERRAS ALTAS SUBMETIDO À PARBOILIZAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 19 de outubro de 2009, pela Banca Examinadora constituída pelos membros

Prof. Dr. Márcio Caliari
Orientador

Profa. Dra. Priscila Zaczuk Bassinello
Membro da Banca

Profa. Dra. Rosângela Vera
Membro da Banca

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Levy e Beatriz, pelo companheirismo, força e amor incondicional, sempre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, por iluminar o meu caminho sempre, dando força e sabedoria para concluir esse trabalho e a minha formação acadêmica.

Aos meus pais, Levy e Beatriz, razões pela qual eu tenho me dedicado tanto. Obrigada pela paciência, confiança, apoio e carinho. Às minhas irmãs Noélia e Luciana, pelo constante apoio, amor incondicional, paciência e companheirismo. Agradeço também ao meu namorado Raphael, meu maior incentivador, pelo constante apoio e companheirismo. Obrigada pelo amor e carinho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Márcio Caliari pela oportunidade de tê-lo como orientador e por depositar confiança em mim. Agradeço também a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, por terem contribuído com a minha formação acadêmica.

À Embrapa Arroz e Feijão, em nome do meu Co-orientador Dr. Eduardo da Costa Eifert e Dra. Priscila Zaczuk Bassinello, pelo acompanhamento durante as análises, orientação e aprendizado durante os experimentos; à MSc. Selma Nakamoto Koakuzu e toda a equipe do Laboratório de Tecnologia de Alimentos, funcionários e estagiários, pela amizade, carinho e contribuição na realização dos experimentos.

Ao Prof. Dr. Manoel Soares Soares Junior e Dr. Jaison Pereira pelas orientações na análise estatística dos resultados.

À Universidade Católica de Goiás, em nome da Prof. MSc. Rosário de Maria Arouche Cobucci e Prof. MSc. Maria Isabel Dantas de Oliveira, por ter cedido espaço para execução da análise sensorial.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de mestrado.

Agradeço também, à minha amiga e companheira de mestrado Flávia Araújo da Fonseca, por estar presente em todos os momentos de pesquisa e laboratório, sem dúvida, fomos grandes parceiras, e também à Priscilla Medeiros, Aline Gomes e Jullyana Borges, fomos uma turma pequena, porém unida. Juntas, conseguimos enfrentar obstáculos, vencer desafios e aprender durante esses dois anos. Levarei esses momentos para sempre comigo.

Enfim, agradeço a todos que, de certa forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha formação acadêmica.

EPÍGRAFE

“Pode-se viver no mundo uma vida magnífica quando se sabe trabalhar e amar; trabalhar pelo que se ama e amar aquilo em que se trabalha.”

Tolstoi

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da época de colheita e da parboilização na qualidade física, química e sensorial do arroz de terras altas. As cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja foram colhidas aos 30 e 47 dias após o florescimento (DAF). Foram realizados processos de parboilização com absorção de 28 e 30% de umidade, com tempos previamente definidos. Avaliou-se a concentração de sólidos totais e pH da água de encharcamento, a umidade final do arroz em casca e o índice de abertura de grãos. A qualidade do arroz beneficiado foi explorada em relação à renda e rendimento, grau de polimento, classificação de defeitos, avaliação da cor, perfil viscoamilográfico, temperatura de gelatinização, teor de amilose, composição centesimal e teor de minerais. Aspectos sensoriais também foram avaliados, entre eles, a textura e pegajosidade dos grãos polido e parboilizado polido cozidos, e a aceitação de arroz parboilizado, bem como o perfil dos provadores. Houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre cultivar e teor de umidade para a concentração de sólidos totais e pH da água de encharcamento. O teor de umidade final não apresentou diferenças ($P > 0,05$) em relação às duas épocas de colheita, e a abertura de grãos na parboilização foi maior quanto maior o tempo de encharcamento. O rendimento de grãos inteiros é maior para as cultivares colhidas aos 30 DAF que aos 47 DAF. A parboilização diminui o grau de polimento, independente da época de colheita, e esta quando ocorre em atraso, aumenta o índice de defeitos. O percentual de grãos não gelatinizados diminuiu quanto maior o tempo de encharcamento, independente da época de colheita e cultivar. A cultivar BRS Primavera e os tratamentos colhidos aos 30 DAF apresentaram-se com coloração mais clara, não havendo diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos parboilizados, segundo os teores de umidade. Os resultados da análise viscoamilográfica apresentaram diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre os tipos de processamento. Não houve diferença significativa para o teor de proteína, entretanto, para o conteúdo de lipídios, cinzas e fibra bruta os valores foram maiores para o arroz parboilizado do que para o arroz polido. Alguns minerais estão presentes em maior quantidade nos tratamentos de arroz parboilizado, tais como fósforo, potássio e cobre. As cultivares apresentam-se aptas para a indústria de parboilização, independente da época de colheita, e são aceitas sensorialmente, ressaltando-se que deve ser feito intenso controle durante o processo.

Palavras-chave: *Oriza sativa* L., encharcamento, parboilização, qualidade.

HARVEST TIME EFFECT IN THE QUALITY OF UPLAND RICE GONE THROUGH PARBOILING

ABSTRACT

This work aimed the evaluation of the effect of the harvest time and the parboiling in the physical, chemical and sensory quality of the upland rice. The BRS Primavera and BRS Sertaneja were harvested on the 30th. and 47th. days after the flourishing (DAF). Parboiling processes were done with the absorption of 28 and 30% moisture, with pre-defined times. The concentration of total solids, soaking water pH, rice final moisture content in paddy, and the opening of grains were analyzed. The quality of the milling rice was explored in relation to the yield of whole grains, degrees of milling, classification of the grain defects, color evaluation, viscosity profile, gelatinization temperature, amylose content, centesimal composition and mineral content. Sensory aspects were also evaluated, among them, the texture and stickiness of the milling and parboiled cooked grains. The acceptance of the parboiled rice, and the profile of the testers. There was a significant interaction ($P \leq 0,05$) between the cultivar and the moisture content to the total solid concentration and soaking water pH. The final moisture content did not show differences ($P > 0,05$) in relation to the two harvest times, and the higher the soaking time, the higher the opening of grains at the parboiling process. The yield of whole grains result is higher for the cultivars harvest on the 30th. DAF than for the one on the 47th. DAF. The parboiling lessens the degree of milling, despite of the harvest time, and when it happens with delay, it rises the level of defects. The percentage of grains not gelatinised was lessened as higher the soaking time, despite of the time of the harvest and cultivar. The BRS Primavera cultivar and the treatments harvested on the 30th. DAF showed a lighter grain coloration, with no having differences ($P > 0,05$) between the parboiling treatments, according to the moisture content. The results of the viscosity profile showed significant differences ($P \leq 0,05$) between the processing types. There was not a significant difference for the protein content, however, to the content of lipids, ash and crude fiber the values were higher for the parboiled rice than for the milling rice. The phosphorus, potassium and copper content are present in higher amounts in the treatment of parboiled rice. The cultivars are suitable to the parboiling industry, despite the time of the harvest, and are sensory accepted, reinforcing that a strict and intense control must be done during the process.

Key words: *Oriza sativa* L., soaking, parboiling, quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura do grão de arroz. 17
Figura 2. Rendimento de grãos inteiros em função do intervalo em dias da floração. 30
Figura 3. Regiões semi-cristalina e amorfa no grânulo de amido. 36
Figura 4. Protocolo experimental. 42
Figura 5. Etapas do processo de parboilização do arroz. 45
Figura 6. Homogeneização das amostras na panela semi-industrial Golden Kitchen..... 53
Figura 7. Isoterma de hidratação da cultivar BRS Primavera à temperatura de 65 ºC..... 55
Figura 8. Isoterma de hidratação da cultivar BRS Sertaneja à temperatura de 65 ºC. 56
Figura 9. Grãos abertos da cultivar BRS Primavera colhida aos 47 dias após o florescimento com 30% de umidade. 64
Figura 10. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e época de colheita sobre o rendimento dos grãos de arroz polido..... 65
Figura 11. Desdobramento das interações positivas entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre o rendimento dos grãos de arroz..... 68
Figura 12. Defeitos nos grãos de arroz parboilizado. 76
Figura 13. Concentração de grãos não gelatinizados (GNG) em diferentes faixas nos grãos de arroz parboilizado polido. 78
Figura 14. Grãos da cultivar BRS Sertaneja colhida aos 47 dias após o florescimento, com 30% de umidade absorvida no encharcamento, com 0% de GNG. 78
Figura 15. Grãos da cultivar BRS Primavera em diferentes etapas de processamento. 80
Figura 16. Grãos da cultivar BRS Sertaneja em diferentes etapas de processamento. 80
Figura 17. Grãos das testemunhas Colômbia 1 (a), Bluebonnet 50 (b) e IR 8 (c) no teste de temperatura de gelatinização..... 93
Figura 18. Grãos da cultivar BRS Primavera e BRS Sertaneja após a dispersão alcalina. 94
Figura 19. Resultados da intenção de compra das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja parboilizadas 100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação do arroz segundo a Portaria nº269/88. 22
Tabela 2. Frequência de consumo e opinião relatada para diferentes tipos de arroz. 23
Tabela 3. Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido. 33
Tabela 4. Dados referentes à colheita das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja. 41
Tabela 5. Definição dos tratamentos de acordo com a época de colheita e teor de umidade adquirido na etapa de encharcamento das cultivares estudadas. 43
Tabela 6. Escala dos graus de dispersão e temperatura de gelatinização de arroz. 50
Tabela 7. Classificação do teor de amilose em arroz 51
Tabela 8. Classificação para os atributos de coesividade e textura. 52
Tabela 9. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre a concentração de sólidos totais e pH da água de encharcamento. 58
Tabela 10. Desdobramento das interações positivas entre cultivar e o teor de umidade (U) sobre a concentração de sólidos totais e pH da água de encharcamento. 59
Tabela 11. Coeficiente de correlação de Pearson entre a concentração de sólidos totais e pH das cultivares de arroz parboilizado 60
Tabela 12. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre o teor de umidade final e grãos abertos de arroz parboilizado. 62
Tabela 13. Desdobramento das interações positivas entre cultivar e época de colheita sobre o teor de umidade final e o percentual de grãos abertos de arroz parboilizado. 63
Tabela 14. Coeficiente de correlação de Pearson entre o teor de umidade final e o percentual de grãos abertos das cultivares de arroz parboilizado. 63
Tabela 15. Efeito de diferentes cultivares e épocas de colheita sobre a renda e o rendimento dos grãos de arroz polido. 65
Tabela 16. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre a renda e o rendimento dos grãos de arroz parboilizado. 67
Tabela 17. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre a renda e o rendimento dos grãos de arroz. 67
Tabela 18. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre o grau de polimento dos grãos de arroz. 70

Tabela 19. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e época de colheita sobre o grau de polimento dos grãos de arroz. 71
Tabela 20. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre o grau de polimento dos grãos de arroz. 71
Tabela 21. Efeito de diferentes cultivares e épocas de colheita sobre a concentração de manchados e picados dos grãos de arroz polido. 72
Tabela 22. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e época de colheita sobre a concentração de manchados e picados dos grãos de arroz polido. 73
Tabela 23. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipos de processamento sobre a concentração de manchados e picados dos grãos de arroz. 74
Tabela 24. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre a concentração de manchados e picados, danificados e pretos de arroz parboilizado. 74
Tabela 25. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre a concentração de grãos não gelatinizados (GNG) de arroz parboilizado. 77
Tabela 26. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre a cor do arroz parboilizado representada pelas escalas *L**, *a** e *b**. 79
Tabela 27. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre a cor do arroz representada pelas escalas *L**, *a** e *b**. 81
Tabela 28. Desdobramento das interações positivas entre cultivar e época de colheita sobre a cor do arroz representada pelas escalas *L** e *b**. 82
Tabela 29. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre cor do arroz representada pelas escalas *L** e *b**. 82
Tabela 30. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipos de processamento sobre a análise viscoamilográfica do arroz. 83
Tabela 31. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre os resultados da viscosidade no pico e viscosidade final de arroz. 85
Tabela 32. Desdobramento das interações positivas entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado polido (PB) sobre os resultados de *Breakdown* de arroz. 85
Tabela 33. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre a composição centesimal de arroz 86

Tabela 34. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e época de colheita sobre o teor de proteína de grãos de arroz. 87
Tabela 35. Desdobramento das interações positivas entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado polido (PB) sobre o teor de umidade e fibra bruta de grãos de arroz. 88
Tabela 36. Desdobramento das interações positivas entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado polido (PB) sobre o teor de lipídios e carboidratos de grãos de arroz. 89
Tabela 37. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre o conteúdo mineral (mg/100g) de arroz. 90
Tabela 38. Desdobramento das interações positivas entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado polido (PB) sobre o conteúdo de Ca, Mg e Mn de grãos de arroz. 91
Tabela 39. Desdobramento das interações positivas entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado polido (PB) sobre o conteúdo de Cu e Zn de grãos de arroz. 92
Tabela 40. Efeito de diferentes cultivares e épocas de colheita sobre a temperatura de gelatinização (TG) do arroz polido. 92
Tabela 41. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre o teor de amilose dos grãos de arroz. 95
Tabela 42. Desdobramento das interações positivas entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre o teor de amilose dos grãos de arroz. 96
Tabela 43. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre os resultados de cocção dos grãos de arroz. 97
Tabela 44. Coeficiente de correlação de Pearson entre tempo de cocção e teor de amilose das cultivares de arroz. 99
Tabela 45. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre o rendimento da cocção de arroz. 99
Tabela 46. Média dos atributos do teste de aceitação dos grãos de arroz parboilizados. 100

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14

2 REVISÃO DA LITERATURA 16
2.1 CULTURA DO ARROZ 16
2.1.1 Origem 16
2.1.2 Morfologia do grão 16
2.1.3 Mercado mundial e brasileiro 17
2.1.4 Sistemas de cultivo 18
2.1.5 Colheita do arroz 20
2.2 PROCESSAMENTO INDUSTRIAL 21
2.2.1 Classificação do arroz 21
2.2.2 Parboilização 22
2.2.3 Beneficiamento 27
2.3 QUALIDADE DO ARROZ 28
2.3.1 Rendimento 29
2.3.2 Aparência do endosperma 31
2.3.4 Qualidade nutricional 32
2.3.5 Qualidade de cocção 36
2.3.6 Aspectos sensoriais 38

3 OBJETIVOS 40
3.1 OBJETIVO GERAL 40
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 40

4 MATERIAL E MÉTODOS 41
4.1 MATERIAL 41
4.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL 41
4.3 MÉTODOS 43
4.3.2 Isotermas de hidratação 43
4.3.2 Parboilização 44
4.3.3 Beneficiamento 45
4.3.4 Análises da água de encharcamento dos grãos de arroz parboilizado 46
4.3.5 Análises físicas dos grãos de arroz 46
4.3.6 Análises químicas dos grãos de arroz 49
4.3.7 Análise sensorial dos grãos de arroz 51
4.3.8 Análise estatística 53

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 55
5.1 ISOTERMAS DE HIDRATAÇÃO 55
5.2 ANÁLISES DA ÁGUA DE IMERSÃO DO ARROZ PARBOILIZADO 58
5.2.1 Sólidos totais e pH da água de encharcamento 58
5.3 ANÁLISES FÍSICAS DOS GRÃOS DE ARROZ 61
5.3.1 Teor de umidade final e índice de abertura de grãos 61
5.3.2 Renda do benefício e rendimento de inteiros 64
5.3.3 Grau de polimento 69
5.3.4 Índice de defeitos 71

5.3.5 Análise de cor 79
5.3.6 Análise Viscoamilográfica 83
5.4 ANÁLISES QUÍMICAS DOS GRÃOS DE ARROZ 85
5.4.1 Composição centesimal 86
5.4.2 Minerais 89
5.4.3 Temperatura de gelatinização 92
5.4.4 Teor de amilose 95
5.5 ANÁLISE SENSORIAL DOS GRÃOS DE ARROZ 96
5.5.1 Teste de cocção 97
5.5.2 Teste afetivo de aceitação 99

6 CONCLUSÕES 103
REFERÊNCIAS 105
APÊNDICES 116

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais importantes do mundo sendo consumido por mais da metade da população mundial. Originou-se na Ásia, e é nesse continente que se encontram os maiores produtores e consumidores. Segundo dados da *Food And Agriculture Organization* (FAO, 2008), o Brasil está entre os dez maiores produtores do mundo, sendo o maior produtor da América do Sul. Considerada uma planta semi-aquática, o arroz pode ser produzido sob o sistema de várzeas ou sob o sistema de cultivo de terras altas (JULIANO, 1993).

Na região Centro-Oeste, as cultivares predominantes são de arroz de terras altas, e a BRS Primavera apresenta-se como cultivar principal, com ótimas características de cocção e aspectos de seus grãos, muito aceita pelos consumidores e indústrias (SOARES et al., 2008). Entretanto, segundo Breseghello et al. (2006), esta cultivar apresenta como ponto negativo a rápida queda de rendimento de grãos inteiros se colhida em idades de mais de 30 dias após o florescimento.

Novas pesquisas têm gerado cultivares com melhores características agronômicas, entre elas, a BRS Sertaneja que tem como característica a boa qualidade de cocção, tal como a cultivar BRS Primavera, com a vantagem de ter maior estabilidade de rendimento de inteiros em relação à época de colheita (BRESEGHELLO et al., 2006).

Já o sistema de cultivo sob várzeas é predominante na região Sul do país, onde se concentra a maior produção de arroz no Brasil, tanto para o arroz branco polido quanto para o parboilizado, cuja aceitação tem aumentado entre os brasileiros (BEHRENS; HEINEMANN; LANFER-MARQUEZ, 2007).

O valor nutritivo do arroz parboilizado é maior que o do branco polido pelo processo convencional de industrialização, porque parte do conteúdo de vitaminas e sais minerais se difunde no endosperma durante a parboilização, e também porque a maior resistência à abrasão dos grãos parboilizados faz com que a quantidade de camadas externas removidas no polimento seja menor. Além disso, é aumentado o rendimento industrial e melhorada a qualidade, em face da ocorrência de menor índice de quebrados (AMATO; ELIAS, 2005; SUJATHA; AHMAD; BHAT, 2004).

A qualidade do arroz é determinada por fatores genéticos e também por condições ambientais, como o tempo de colheita, por exemplo. Se a colheita for realizada após a

maturidade fisiológica, isso pode ser um fator de redução do índice de porcentagem de grãos inteiros de várias cultivares de arroz (BINOTTI et al., 2007; FITZGERALD et al., 2000).

Visto que a parboilização aumenta o rendimento de grãos inteiros, este processo pode ser utilizado para obter-se mais arroz consumível por unidade de arroz em casca que o obtido do processo tradicional de beneficiamento (branco polido), principalmente quando o arroz é colhido além de seu ponto ótimo de colheita. Entretanto, não há relatos nacionais a respeito do comportamento destas cultivares e épocas de colheita em relação à parboilização. Sendo assim, entender como os fatores ambientais afetam a qualidade dos grãos e como interagem entre si, tornará possível aumentar a produção de arroz parboilizado com qualidade.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da parboilização sobre o rendimento em grãos inteiros das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja colhidas em diferentes épocas, além do seu efeito sobre os aspectos qualitativos, como coloração, textura, sabor e concentração de nutrientes, gerando informações relevantes no campo científico, principalmente para a região Centro-Oeste, onde esse sistema de cultivo em terras altas é predominante.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CULTURA DO ARROZ

2.1.1 Origem

O local geográfico de origem do arroz não é ainda definitivamente conhecido. O consenso geral é que a domesticação de arroz ocorreu independentemente na China, Índia e Indonésia, dando assim origem aos três grupos de arroz: *sinica* (também conhecido como *japonica*), *indica* (longo-fino) e *javanica* (também conhecido como *bulu* na Indonésia) (JULIANO, 1993).

Na Índia, uma das regiões de maior diversidade e onde ocorrem numerosas variedades endêmicas, as províncias de Bengala e Assam, bem como na Mianmar, têm sido referidas como centros de origem do arroz. A cultura espalhou-se para o Oriente Médio por volta do século VIII e daí para a Europa nos séculos IX e X. A introdução no Brasil foi feita pelos portugueses no século XVI, nas regiões costeiras da Bahia. Alguns autores apontam o Brasil como o primeiro país a cultivar esse cereal no continente americano. O arroz era o "milho d'água" (*abati-uaupé*) que os tupis, muito antes de conhecerem os portugueses, já colhiam nos alagados próximos ao litoral. A prática da orizicultura no Brasil, de forma organizada e racional, aconteceu em meados do século XVIII e daquela época até a metade do século XIX, o país foi um grande exportador de arroz (PEREIRA, 2002).

2.1.2 Morfologia do grão

Botanicamente, o fruto das gramíneas, família *Poaceae*, é um fruto-semente conhecido como cariopse ou grão, cujo tegumento, testa, que envolve a semente, encontra-se diretamente ligado ao pericarpo, membrana que envolve o fruto (Figura 1). No caso do arroz, toda essa estrutura encontra-se envolvida pelas glumas, lema e pálea, que constituem a casca, e são removidas durante o beneficiamento do produto para consumo. O arroz é um cereal consumido, principalmente como grão inteiro, constituído de diferentes tecidos, com estrutura, composição e funções bastante diferenciadas (VIEIRA; RABELO, 2006).

A casca fornece uma proteção exterior ao endosperma e constitui em média 20% do peso bruto do arroz, mas os valores podem variar de 16 a 28%. A distribuição do peso do arroz integral é: pericarpo 1 a 2%, acrescido de aleurona 4 a 6%, germe 1%, e endosperma 90

a 91%. O endosperma consiste na camada de aleurona que inclui o embrião (JULIANO, 1993).

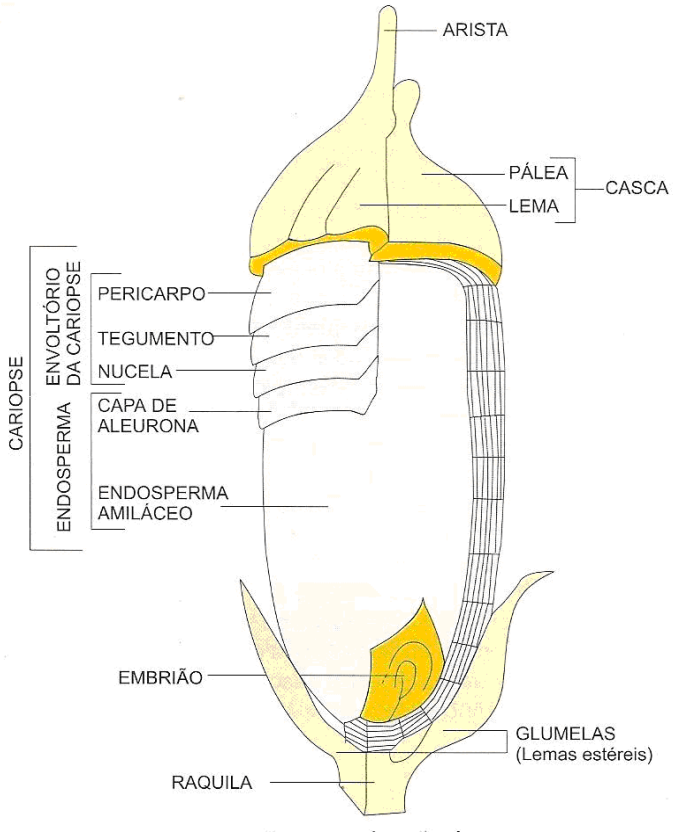


Figura 1. Estrutura do grão de arroz.
Fonte: Vieira e Rabelo (2006).

O embrião, ou germe, localiza-se na face ventral do grão, na sua porção basal, e contém as estruturas essenciais para produção de uma nova planta e perpetuação da espécie (VIEIRA; RABELO, 2006).

2.1.3 Mercado mundial e brasileiro

O arroz é consumido por mais da metade da população mundial, para atender sua necessidade diária de energia alimentar. A produção mundial de arroz está, atualmente, em torno de 650,2 milhões de toneladas, e só no continente asiático a produção atinge 590,2 milhões de toneladas. O Brasil está em 9º lugar no *ranking* mundial de produção de arroz, e é o maior produtor da América do Sul (FAO, 2008).

No Brasil, o arroz é o terceiro produto agrícola mais importante depois da soja e do milho (HÖFS et al., 2004). De acordo com estatísticas de março e abril do ano de 2009, a produtividade média do País será 3,1% superior a registrada na temporada passada, saindo de 4.195 kg/ha para 4.324 kg/ha na atual safra. Com esse bom desempenho, o Brasil deverá

colher 12,7 milhões de toneladas de arroz na safra 2008/09, representando assim um aumento de 5,1% em relação ao volume produzido na safra passada (CONAB, 2009; IBGE, 2009).

A Região Sul ocupa um lugar de destaque na cultura, respondendo por mais de 50% da produção nacional. A grande produção é representada pelos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Já a região Centro-Oeste apresentou produção de 1,1 milhões de toneladas na última safra, sendo maior que a produção da região Sudeste e Norte. O Estado do Mato Grosso é o maior produtor da região (CONAB, 2009).

2.1.4 Sistemas de cultivo

O arroz (*Oriza sativa* L.) é uma espécie hidrófila, cujo processo evolutivo tem levado a sua adaptação às mais variadas condições ambientais. São considerados dois grandes ecossistemas para a cultura, que são o de várzeas, irrigado por inundação controlada, e o de terras altas, englobando o sem irrigação e com irrigação suplementar por aspersão, sendo a disponibilidade de água para a cultura do arroz sem irrigação totalmente dependente da precipitação pluvial (GUIMARÃES et al., 2006).

O Rio Grande do Sul responde por 50% da produção nacional e 80% do arroz produzido são irrigados. Já o sistema de cultivo de terras altas está mais concentrado na região Centro-Oeste (HÖFS et al., 2004).

2.1.4.1 Sistema de cultivo de terras altas

O arroz de terras altas é encontrado predominantemente no Brasil e, em menor proporção, no continente africano. É caracterizado pela condição aeróbica de desenvolvimento radicular da planta (GUIMARÃES et al., 2006). Esse sistema de cultivo apresenta-se com uma ampla variabilidade de sistemas produtivos com produtividade menor, mas que vem apresentando significativa evolução tecnológica nos últimos anos (FERREIRA et al., 2005).

Aproximadamente 60% das áreas ocupadas com a orizicultura no Brasil localizam-se em terras altas e grande parte, em regiões onde é comum a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação das chuvas, denominados veranicos, que provocam deficiência hídrica à cultura, afetando a absorção de nutrientes (CRUSCIOL et al., 2003).

O cultivo de arroz de terras altas vem sendo conduzido em áreas submetidas à irrigação por aspersão, seja através de pivô central ou de sistema de irrigação convencional. O arroz, nesse sistema, entra como uma ótima opção para o agricultor, seja como cultivo principal ou como rotação de culturas (SANTOS et al., 2002).

A estabilidade de produção proporcionada pelo uso da irrigação por aspersão estimula o uso de práticas com emprego de mais tecnologia, com consequente aumento na produtividade. No entanto, o aumento da produtividade, pelo uso da irrigação por aspersão depende também do potencial da cultivar utilizada (ARF et al., 2001).

Outro aspecto a ser considerado no sistema irrigado por aspersão é que, devido ao alto custo de investimento em equipamentos de irrigação, é necessária a busca de tecnologias que favoreçam o uso intensivo, como o cultivo do arroz em diferentes épocas do ano. Porém, são poucas as informações sobre épocas de semeadura do arroz de terras altas irrigado por aspersão (CRUSCIOL; SORATTO; ARF, 2007).

A região Centro-Oeste é a mais importante no cultivo de arroz de terras altas (GUIMARÃES et al., 2006). As cultivares de arroz de terras altas têm conseguido atender, de forma parcial, as demandas agronômicas e de qualidade dos grãos, contribuindo para que a cultura se torne mais competitiva em relação ao arroz irrigado dos Estados do Sul (FERREIRA; MÉNDEZ DEL VILLAR; ALMEIDA, 2005).

A cultivar BRS Primavera, lançada em 1996, destaca-se como altamente competitiva no quesito qualidade de grãos, e, até hoje, tem destacada participação na produção, apesar de ter problemas agronômicos. Além da tendência ao acamamento sob alta fertilidade, pode ocorrer quebra da sua resistência à brusone, doença economicamente mais importante da cultura do arroz, causada pelo fungo *Pyricularia grisea* (Cooke) *Sacc*. Entretanto, o maior preço pago pela indústria compensa as eventuais perdas de produção (PINHEIRO; FERREIRA, 2003).

Visando combinar produtividade elevada e estável com resistência à brusone e alta qualidade de grãos, a Embrapa Arroz e Feijão lançou uma nova cultivar em 2006, denominada BRS Sertaneja. É uma cultivar precoce, de grãos longos e finos, caracterizada por plantas vigorosas, moderadamente perfilhadoras, porte médio, folhas largas e com mediana resistência ao acamamento. Suas panículas são longas e com elevado número de espiguetas. Tem ampla adaptação, com bom comportamento nos estados do Pará, Goiás, Mato Grosso, Rondônia, Roraima, Maranhão, Piauí, Tocantins e Minas Gerais (LOPES, 2007). Quanto às propriedades de cocção, a BRS Sertaneja é muito similar à BRS Primavera, ou seja, oferece excelente qualidade. Aos 30 dias após a colheita os grãos da BRS Sertaneja já se apresentam razoavelmente soltos após cozidos e, aos 60 dias, o produto apresenta-se plenamente solto. Portanto, trata-se de um produto que não necessita de longo tempo de estocagem antes do beneficiamento e comercialização (BRESEGHELLO et al., 2006).

A qualidade do grão é uma característica capaz de fazer com que a cultura do arroz de terras altas se torne economicamente mais atrativa ao agricultor e participe de maneira significativa nos sistemas de produção atuais (GUIMARÃES et al., 2006).

2.1.5 Colheita do arroz

A colheita do arroz é uma das etapas mais importantes do processo de produção e, quando mal conduzida, acarreta perda de grãos, comprometendo os esforços e os investimentos dedicados à cultura. Dentre outros, o teor de umidade dos grãos por ocasião da colheita constitui fator que leva à obtenção de melhor rendimento de grãos inteiros no beneficiamento e à redução de perdas (SILVA; FONSECA, 2006).

Na cultura do arroz, a época adequada de colheita, o grau de umidade das sementes e as cultivares são fatores que contribuem para manter alto rendimento, alto percentual de grãos inteiros no beneficiamento, além da qualidade fisiológica das sementes e do produto final de excelente aceitação comercial (BINOTTI et al., 2007).

Aliado ao melhor desempenho varietal, o teor de umidade dos grãos e o método utilizado na colheita, as condições de secagem, trilha e estocagem do produto, o teor de umidade por ocasião do beneficiamento e as várias intervenções entre esses componentes são fundamentais para a maximização do percentual de grãos inteiros no beneficiamento (VIEIRA; RABELO, 2006).

Colher no momento certo é de fundamental importância para se obter um produto de melhor qualidade e com maior rendimento. O arroz atinge o ponto de maturação adequado quando dois terços dos grãos da panícula estão maduros. Embora essa fase seja fácil de ser determinada visualmente, pode-se, também, tomar como base o teor de umidade dos grãos, o qual deve estar, preferencialmente, entre 16% e 23% para a maioria das cultivares. A colheita antecipada, com umidade elevada, aumenta a proporção de grãos malformados e gessados. O arroz colhido tardiamente, com umidade muito baixa, afeta a produtividade pela degrana natural, ocorrendo o trincamento dos grãos e a redução do rendimento de grãos inteiros no beneficiamento (SMIDERLE; DIAS, 2008). O atraso ocorre não somente devido às condições do tempo, sendo também causado por falhas nas máquinas e por outros fatores externos (FITZGERALD et al., 2000).

Também é recomendável evitar colheitas muito precoces, com umidade acima de 25%, para reduzir custos com a secagem (FONSECA; CASTRO; MORAIS, 2005). Segundo Binotti et al. (2007) o arroz colhido antecipadamente requer secagem imediata para evitar fermentação, o que eleva os gastos com mão-de-obra e energia na secagem.

As cultivares de arroz respondem de modo diferenciado à época de colheita para o rendimento de grãos inteiros no beneficiamento, sendo que algumas delas são muito exigentes quanto ao ponto de colheita. O desconhecimento desta exigência pode acarretar acentuado percentual de quebra de grãos no beneficiamento (SILVA; FONSECA, 2004; RIBEIRO et al., 2004).

Exemplo disso é a cultivar BRS Primavera, que deve ser colhida com umidade entre 20% e 24%. De modo geral, a obtenção de melhores rendimentos de grãos inteiros no beneficiamento para a maioria das cultivares é atingida quando a colheita se realiza entre 30 e 40 dias após o florescimento. Como maior garantia, o teor de umidade deve ser monitorado, pois esse período pode ser alterado de um ano para outro (SILVA; FONSECA, 2006).

Entretanto, a colheita do arroz nem sempre é realizada no momento adequado, pois depende das condições climáticas, uniformidade de maturação da cultivar, disponibilidade de máquinas, transporte, secador, etc. Mesmo em experimentos, a colheita também nem sempre é feita no momento mais adequado, uma vez que as cultivares e linhagens têm ciclos diferentes e são, portanto, colhidas em dias diferentes, em que a umidade do ar e do solo e a temperatura podem influenciar na umidade dos grãos (RIBEIRO et al., 2004).

Além do rendimento, Champagne et al. (2005) afirmam que a época de colheita pode provocar alterações na composição química do arroz, como o teor de proteína, e também na viscosidade da pasta de amido, quando se estuda o seu comportamento viscoamilográfico.

Outro fator importante, que afeta a produtividade e a qualidade do produto na colheita, refere-se aos danos causados por doenças e pragas. Entre os principais insetos que afetam o arroz de terras altas, merecem destaque os cupins-subterrâneos e a lagarta-elasmo, que podem causar decréscimos significativos na produção. Os prejuízos causados pela brusone, doença causada pelo fungo *Pyricularia grisea*, podem ser elevados, dependendo da suscetibilidade da cultivar e das condições climáticas ocorrentes no ano. A utilização de métodos de controle adequados é importante para uma boa colheita (SILVA; FONSECA, 2006).

2.2 PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

2.2.1 Classificação do arroz

Após o recebimento do produto bruto na empresa, o arroz passa por uma etapa de amostragem e classificação para aferição da qualidade de compra. O próximo passo refere-se à limpeza do produto, seguida de: descascamento para obtenção de arroz integral;

descascamento e polimento para obtenção de arroz branco polido; processo hidrotérmico, secagem, descascamento e polimento, para obtenção de arroz parboilizado. Estes três tipos de produto, integral, branco polido e parboilizado polido, representam as três principais formas para o consumo de arroz no país (VIEIRA; RABELO, 2006). A classificação do arroz no Brasil segue a Portaria nº 269/88, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 1988), que classifica o arroz como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do arroz segundo a Portaria nº269/88.

GRUPO	**SUBGRUPO**
Arroz em casca	natural
	parboilizado
Arroz beneficiado	integral
	parboilizado
	parboilizado integral
	polido

Fonte: Portaria nº 269/88 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 1988).

O arroz integral é o produto do qual somente se retira a casca durante o beneficiamento, mantendo-se intacto o germe e as camadas interna e externa do grão, sendo obtido a partir do arroz em casca natural ou parboilizado (BRASIL, 1988).

O arroz branco polido constitui a forma predominantemente consumida na maioria das regiões brasileiras (BEHRENS; HEINEMANN; LANFER-MARQUEZ, 2007) e é obtido a partir da brunição e do polimento do grão integral. Apesar de ser mais rico em nutrientes que o arroz polido, o arroz integral é pouco consumido no Brasil, restringindo-se a uma pequena parcela da população com hábitos de consumo mais sofisticados e de maior poder aquisitivo (VIEIRA; RABELO, 2006).

O parboilizado integral pode ser uma melhor alternativa para os apreciadores de arroz integral. É obtido como o parboilizado, porém não sofre a operação de polimento no engenho (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002).

2.2.2 Parboilização

A parboilização, um processo de origem antiga, surgiu no Extremo Oriente, principalmente na Índia e em algumas regiões da África equatorial, de onde foi difundido para outros continentes (GARIBOLDI, 1972). Sabe-se que, nesta região são produzidos 90% de arroz parboilizado. Em Bangladesh, mais de 80% do arroz são parboilizados em pequenas aldeias de modo arcaico, e menos de 20% são produzidos, modernamente, em usinas comerciais de arroz (RAHAMAN; MIAH; AHMED, 1996).

De acordo com Roy et al. (2006), estudando o modo arcaico e o moderno de parboilização no continente asiático, a substituição do processo de parboilização pelo método moderno, não só economiza energia de biomassa, mas também reduz o tempo de processamento. A mudança do método reduziria os custos de produção, melhoraria o processo de parboilização local em termos de consumo de energia e o valor de mercado do arroz, e levaria à redução da poluição ambiental e desmatamento na área.

O processo consiste em um tratamento hidrotérmico do arroz em casca, seguindo pela secagem, para se obter um conteúdo de umidade ótimo para o polimento e armazenamento. A palavra "parboilizado" tem origem na adaptação do termo inglês *parboiled*, proveniente da aglutinação de *partial* + *boiled*, ou seja, "parcialmente fervido" (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002.). Legalmente se estabelece como definição para o arroz parboilizado como sendo: o produto que, ao ser beneficiado, os grãos apresentam uma coloração amarela e uniforme, em decorrência do processo de parboilização, que é utilizado para elevar o teor vitamínico e de sais minerais do arroz, e o seu rendimento industrial (BRASIL, 1988).

A participação do arroz parboilizado com uma parcela de 25% de consumo mundial do arroz tem, seguramente, nos produtores asiáticos a maior contribuição (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002). No Brasil, o consumo de arroz parboilizado atinge cerca de 20% do arroz consumido no país (VIEIRA; RABELO, 2006). Os Estados da região Sul são os maiores produtores (BEHRENS; HEINEMANN; LANFER-MARQUEZ, 2007). Os resultados de uma pesquisa realizada sobre a frequência de consumo de arroz parboilizado e outros tipos com consumidores da cidade de São Paulo-SP, pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2. Frequência de consumo e opinião relatada para diferentes tipos de arroz.

Frequência de consumo (%)	**Polido**	**Parboilizado**	**Integral**
Diário	75,2	4,5	1,7
Três vezes na semana	12,6	3,8	1,7
Uma vez na semana	2,8	2,4	3,5
Ocasionalmente	4,9	16,4	18,9
Nunca	4,5	72,7	73,8
Opinião (%)			
Gosto muitíssimo	78,7	15,0	16,8
Gosto moderadamente	13,6	18,5	16,4
Não gosto	6,6	6,3	11,9
Desgosto moderadamente	0,3	12,9	11,9
Desgosto muitíssimo	0,7	12,6	14,7
Não conheço o produto ou nunca provei	0,0	34,6	28,6

Fonte: Heinemann; Behrens e Lanfer-Marquez (2006).

Considerando a relação entre atitude, opinião e descritores sensoriais objetivos, o desenvolvimento de produtos, embalagens, rótulo de alimentos e reivindicações exploram a expectativa do consumidor, características importantes de alimentos e propriedades que poderiam aumentar a aceitação e intenção de compra. O baixo consumo do arroz parboilizado por quem já conhece o produto não é devido ao seu preço ou disponibilidade no mercado. Atualmente, os vários níveis tecnológicos que envolvem o processo de parboilização elevam o seu preço, sendo contrabalanceado pelo alto rendimento de grãos inteiros e, portanto, alcançando o preço de ambos, parboilizado e branco (HEINEMANN; BEHRENS; LANFER-MARQUEZ, 2006).

Segundo a legislação vigente, o arroz parboilizado apresenta uma coloração amarela, em decorrência do processo hidrotérmico, onde os grãos são imersos em água potável, a uma temperatura acima de 58 °C, seguidos de uma gelatinização parcial ou total do amido, com secagem dos grãos no final do processo (BRASIL, 1988). A parboilização modifica as propriedades físico-químicas e sensoriais dos grãos de arroz, reduzindo a pegajosidade, aumentando a dureza e causando o escurecimento dos grãos (LAMBERTS et al., 2008).

2.2.2.1 Encharcamento

O encharcamento é uma operação realizada com água potável, com o intuito de preparar o arroz para a gelatinização. A meta é obter 30-32% de umidade no centro do grão, com o máximo de uniformidade e o mais rapidamente possível, para evitar a fermentação e os processos enzimáticos que podem influir desfavoravelmente no sabor, na cor e no odor do produto (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002; AMATO; ELIAS, 2005).

O efeito das condições de processamento sobre as mudanças de cor do arroz parboilizado foi estudado por Lamberts et al. (2006b). Estes concluíram que as mudanças durante o encharcamento podem ser atribuídas à difusões de pigmentos vermelhos e amarelos no interior, por meio da migração de compostos da superfície do arroz. Além disso, algumas enzimas podem ser responsáveis pelas mudanças no amarelamento. O aumento no teor de açúcares redutores nos grãos de arroz pode ser atribuído às conversões dessas enzimas durante o encharcamento.

A hidratação é necessária para dar ao amido a umidade indispensável para a gelatinização. Para a perfeita gelatinização do amido da cariopse é necessário um conteúdo de umidade não inferior a 30%, para a maioria das variedades. A absorção de água por parte do grão resulta na difusão das substâncias solúveis em água que, desta forma, ficam distribuídas uniformemente. Também facilita a transmissão de calor desde a superfície da casca até o

centro do endosperma à medida que vão sendo preenchidos os espaços vazios de ar (AMATO; ELIAS, 2005).

O processo, por razões técnicas – operacionais e de higiene – e legais, é conduzido com água quente. Além disso, a água fria tem atuação limitada sobre as pontes de hidrogênio, restringindo a absorção de água a aproximadamente 33% do arroz, calculado em base úmida. Além disso, o arroz fica praticamente estabilizado em 33% de umidade, mesmo decorrendo algumas horas a mais, depois de atingir o pico de absorção. Já a água quente, é responsável pelo rompimento das ligações de hidrogênio dentro do grânulo de amido, permitindo maior absorção de água (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002).

O encharcamento de cultivares de arroz irrigado, a 60 ºC, é feito, em média, durante 6 horas. Cultivares de arroz de terras altas normalmente necessitam de temperatura mais elevada ou maior tempo para a hidratação ser adequada (VIEIRA; RABELO, 2006).

2.2.2.2 Vaporização

Quando grãos de amido são imersos em água e a temperatura é aumentada gradualmente, nada acontece até se atingir uma determinada temperatura, mais exatamente um intervalo de temperatura, que é chamada temperatura de gelatinização. Neste intervalo de temperatura, específico para amidos de diferentes origens, as ligações de hidrogênio mais fracas entre as cadeias de amilose e de amilopectina são rompidas e os grãos de amido nessas regiões começam a intumescer e formar soluções consideravelmente viscosas (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

A temperatura de gelatinização (TG) é uma propriedade do amido e determina o tempo necessário para o cozimento do arroz. Pode ser interpretada como uma medida da resistência do grânulo de amido ao cozimento (RABELO, 2003; FERREIRA; MÉNDEZ DEL VILLAR; ALMEIDA, 2005).

Para aquecer o arroz, emprega-se vapor e, por condensação, mais água líquida é disponibilizada; o conteúdo de calor é elevado e se transmite a uma temperatura constante; é limpo e estéril, sem odor nem sabor; pode ser utilizado primeiro para produzir energia e a seguir para aquecimento; pode ser conduzido por tubulações e ser regulado com facilidade. Sob temperatura constante a transmissão de calor depende da pressão que existe no ambiente onde a troca de estado ocorre. A autoclave de pressão traz uma economia global de energia por transferir o calor latente, da troca de estado de vapor para líquido, ao invés do calor sensível. Segundo Amato; Carvalho; Silveira Filho (2002), a transmissão de calor é homogênea, sendo a pressão o meio de melhorar a difusão para o interior do grão.

A finalidade desta operação unitária de gelatinização é conseguir soldar os grãos que estariam quebrados na operação de beneficiamento, quando são retirados a casca e o farelo, caso seguissem a rota do beneficiamento convencional para a obtenção do arroz branco. Sob o ponto de vista nutricional, a importância maior diz respeito à fixação dos nutrientes transferidos no encharcamento, como vitaminas e sais minerais solúveis em água. O mesmo calor que promove a gelatinização do amido consegue o efeito positivo de pasteurização, eliminando microrganismos e inativando enzimas (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002).

2.2.2.3 Secagem

Após a etapa de vaporização ou gelatinização ocorre a secagem do arroz parboilizado. Esta tem dois objetivos: reduzir o conteúdo de umidade até um nível ótimo para o beneficiamento e o subsequente armazenamento, e obter o máximo rendimento de engenho em termos de grãos inteiros (AMATO; ELIAS, 2005). A secagem influi também na textura e na cor por provocar a dissipação do calor latente no arroz (ELBERT; TOLABA; SUÁREZ, 2001; AMATO; ELIAS, 2005).

Deve ser dada grande importância às temperaturas empregadas para reduzir o conteúdo de umidade até valores menores que 14%, que são utilizados no armazenamento (AMATO; ELIAS, 2005). Depois de concluída toda a secagem, é necessário que se esperem 48 h para que o grão diminua substancialmente a temperatura, tempo importante para consolidar a textura do grão. Esta etapa deve ser conduzida ao natural, sem meios artificiais (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002).

A temperagem também é realizada após a secagem, quando o arroz parboilizado é deixado em descanso durante certo tempo antes do beneficiamento em engenho. É essencial um período de temperagem superior a 48 h, já que o produto necessita perder por completo o calor recebido durante o encharcamento, o tratamento por vapor e a secagem. A textura da cariopse necessita várias horas para consolidar-se perfeitamente e retomar à condição dura e translúcida bem como o conteúdo de umidade dentro do grão deve tornar-se uniforme no seu todo, já que as camadas exteriores estão mais secas que as interiores (AMATO; ELIAS, 2005).

Entre outros fatores, Kunze (2001) afirma que a secagem pode afetar a qualidade do arroz e de outros cereais, que possuem o endosperma duro, em dois sentidos: reabsorção e rápida secagem, aproximando-se do conteúdo de umidade no armazenamento. O arroz, assim como outro cereal, é higroscópico.

A inclusão da etapa de temperagem (armazenamento temporário a temperatura ambiente), entre o encharcamento e a vaporização, leva o produto a características desejáveis em termos de índices de qualidade (AMATO; ELIAS, 2005). O uso da temperagem reduz o tempo de aquecimento, tendo como conseqüência uma maior uniformidade de umidade no interior do grão. Para amostras sem temperagem, um maior tempo de aquecimento é necessário para se obter valores de índice de translucidez e força de ruptura aceitáveis. Entretanto, um tempo excessivo leva a menores valores de rendimento de grãos (BELLO; BAEZA; TOLABA, 2006).

2.2.3 Beneficiamento

As principais propriedades do grão de arroz que influenciam seu comportamento no beneficiamento são determinadas, basicamente, pelas características da casca (glumas: lema e pálea), sua coloração e pubescência, pelas dimensões e formato do grão e pela dureza e aparência do endosperma (VIEIRA, 2004).

A operação de beneficiamento envolve o descascamento, o polimento, a separação de quebrados, a separação de grãos com defeitos, a recomposição para tipificação (Tipo 1, 2, 3, 4, 5 e Abaixo do Padrão, com limites de grãos quebrados e com defeitos de acordo com a legislação, Portaria 269/88) e a embalagem (BRASIL, 1988).

O descascamento deve ser precedido por uma operação de limpeza para eliminar os grãos disformes cujas cascas foram abertas, e também os grumos formados por grãos que grudaram uns nos outros. Após o descascamento não há necessidade de peneirar o produto para extrair o embrião e os grãos ligeiramente quebrados (AMATO; ELIAS, 2005).

A remoção da casca protetora do grão deve ser feita com muita cautela, para minimizar a ocorrência de quebras e rachaduras. Após passar pelo descascador, o produto vai para uma câmara de aspiração, onde os grãos descascados são separados da casca, ou palha, geralmente removida por sucção. A regulagem adequada do descascador é muito importante para a eficiência do processo, pois tentativas de redução excessiva do percentual de marinheiros (grãos com casca entre os grãos beneficiados) podem acarretar em um aumento no nível de quebra do arroz, ao passo que o oposto também resulta em redução da eficiência do equipamento, interferindo negativamente na qualidade do produto final (VIEIRA; RABELO, 2006).

O polimento é definido como uma operação que remove a camada do farelo (REID; SIEBENMORGEN; MAUROMOUSTAKOS, 1998). De acordo com Amato e Elias (2005), essa operação apresenta muitas dificuldades devido à dureza e à compacidade da cariopse,

porque as camadas exteriores ficam firmemente aderidas ao endosperma. É essencial que os grãos descascados passem por meio de brunidores e polidores de cone, ou dotados de um cilindro horizontal coberto por material abrasivo, para retirar o pericarpo, o perisperma e a camada de células aleurônicas. O polimento pode completar-se a seguir, utilizando uma máquina de fricção.

Dependendo da indústria e do nível de qualidade almejado, o arroz polido é submetido a um variado número de etapas subsequentes, para remoção de grãos quebrados e/ou danificados (VIEIRA; RABELO, 2006). Antes do empacotamento, é realizada a composição do tipo que a indústria pretende colocar no mercado, de acordo com a sua marca. Essa mistura é determinada nas proporções desejadas, em observância aos limites estipulados nas tabelas de tolerância de defeitos constantes das Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz (BRASIL, 1988).

Após a colheita, os processos de secagem, limpeza, beneficiamento e armazenamento são devidamente monitorados, no sentido de preservar ou aprimorar ao máximo a qualidade do produto, tanto do ponto de vista intrínseco como visual e de rendimento (VIEIRA; RABELO, 2006).

2.3 QUALIDADE DO ARROZ

A qualidade de grãos é determinada por uma ampla faixa de critérios objetivos e subjetivos. Os critérios que definem a qualidade do arroz são as etapas que os grãos passam durante a cadeia de produção (FITZGERALD et al., 2000). Ao abordar a "aceitação pelo consumidor", pode-se dizer que a combinação de atributos comanda o grau desta aceitação, cujo resultado final se traduz no condicionamento do valor comercial (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002).

O conjunto de fatores, como: variedade escolhida, cuidados no cultivo, principalmente na colheita, cuidados pós-colheita, na secagem e armazenamento definem a qualidade do produto em relação ao rendimento industrial e qualidade de panela, ou seja, as propriedades químicas e físicas e os cuidados no cultivo e beneficiamento determinam a classe e o tipo do arroz (FERREIRA et al., 2005). A variedade é o principal fator contribuinte para a qualidade de grãos de arroz (SUJATHA; AHMAD; BHAT, 2004).

Uma série de parâmetros de qualidade, representados pelas características físico-químicas do grão, devem ser considerados na seleção de linhagens para a obtenção de

cultivares com qualidade de grão compatível com as exigências do mercado, de maneira a contemplar as expectativas de todos os elementos da cadeia produtiva da cultura (VIEIRA; RABELO, 2006). Alguns desses fatores são as características físicas, químicas e sensoriais. Essas características variam com a cultivar, clima, tratos culturais e manejo pós-colheita (FERREIRA; MORCELI, 2006).

A definição de um arroz como sendo de boa ou má qualidade é grandemente influenciada pelas preferências e/ou necessidades do consumidor e, quando essas preferências diferem, o mesmo produto pode ser julgado como bom e adequado por um grupo e totalmente inadequado por outro (VIEIRA; RABELO, 2006).

2.3.1 Rendimento

Embora as preferências de consumo de arroz, em termos de tipo de grão, aroma e aparência do produto antes e após o cozimento sejam bastante variadas, um produto uniforme, sem a presença de grãos quebrados e/ou danificados, é usualmente preferido pela maioria dos consumidores (VIEIRA; RABELO, 2006).

O rendimento é obtido por meio da porcentagem de grãos inteiros, que é determinada pelo peso dos grãos inteiros após a etapa de polimento. A quebra de grãos durante o polimento reduz o índice de grãos inteiros e pode ser causada por inúmeros fatores (FITZGERALD et al., 2000).

Depois de colhido, o arroz é seco a um conteúdo de umidade aproximado de 12-13%, em base seca. O produto seco é então, descascado e polido. A qualidade do arroz é mais comumente resumida em termos do rendimento do arroz inteiro e rendimento do arroz polido. O rendimento é a porcentagem do arroz "áspero" remanescente depois de um polimento completo (REID; SIEBENMORGEN; MAUROMOUSTAKOS, 1998).

A quebra de grãos no beneficiamento é de grande importância econômica para a indústria do arroz, especialmente quando se atenta para a diferença na valoração do produto inteiro e do produto quebrado. Assim, tem-se procurado o desenvolvimento de cultivares com elevado rendimento no beneficiamento e boa estabilidade para esta característica, ou seja, cultivares menos sensíveis a quedas significativas no percentual de inteiros, quando deixadas no campo além da época de colheita da lavoura (VEIRA; RABELO, 2006).

Em unidades de observação na Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás, GO), efetuaram-se colheitas em quatro épocas: 25, 32, 39 e 46 dias após a floração, e em cada data de colheita foi determinado o rendimento de grãos inteiros (Figura 2). A BRS Sertaneja destacou-se pelo rendimento de grãos inteiros elevado e estável. Esta estabilidade de

rendimento de grãos inteiros representa uma grande vantagem para os produtores que, por algum motivo, não possam colher a lavoura na fase ideal. Nestas situações, a BRS Sertaneja apresenta uma grande vantagem em relação à BRS Primavera, a qual sofre acentuada queda no rendimento de grãos inteiros em consequência do atraso na colheita (LOPES, 2007).

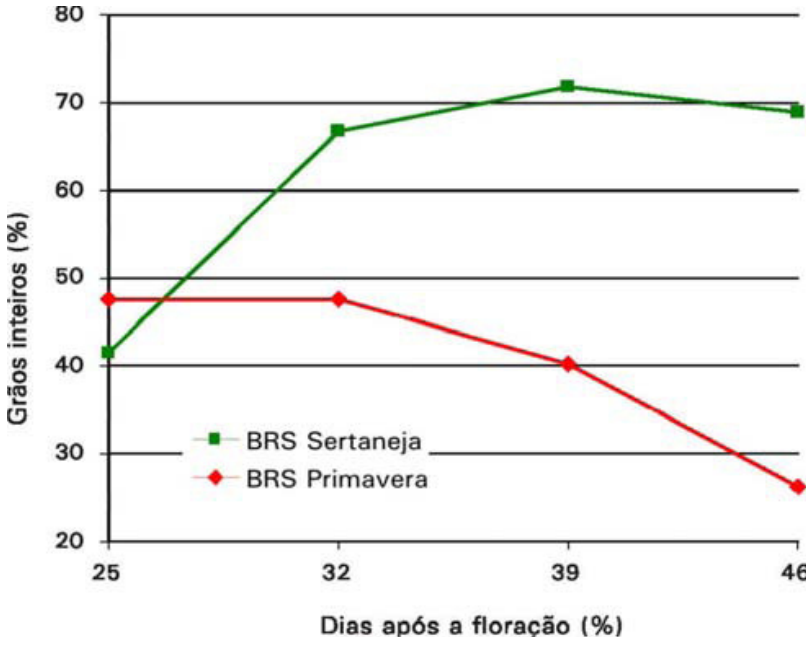


Figura 2. Rendimento de grãos inteiros em função do intervalo em dias da floração.
Fonte: Lopes (2007).

A redução do rendimento de grãos também pode ser provocada pelo uso de sementes de baixa qualidade fisiológica. Já o uso de sementes de alta qualidade fisiológica proporciona acréscimos próximos a 10% no rendimento de grãos em arroz, pois proporciona a produção de um maior número de panículas por metro quadrado. O vigor máximo é atingido quando, durante o processo de desenvolvimento, as sementes alcançam a maior massa seca, o chamado ponto de maturidade fisiológica (HÖFS et al., 2004).

O rendimento pode ser aumentado pelo processo de parboilização. Em amostras submetidas a um período adequado de encharcamento, a água penetra nos espaços vazios do endosperma, que firmará a fissuras internas do grão. A imersão de água quente acelera esse processo cicatricial, aumentando a eficiência do processo (MIAH et al., 2002).

O sistema de cultivo também pode interferir no rendimento de grãos. Variações na ocorrência e intensidade de baixos rendimentos de grãos inteiros no beneficiamento tornam-se mais alarmantes no caso do arroz de terras altas, devido ao arroz, produzido sob esse sistema de cultivo, estar mais sujeito aos efeitos das variações climáticas que o arroz irrigado

(VIEIRA; RABELO, 2006). Há um aumento na produtividade do arroz de terras altas pela utilização da irrigação por aspersão, principalmente em ano de ocorrência de veranico (ARF et al., 2001; ARF et al., 2002; CRUSCIOL et al., 2003).

O rendimento industrial de grãos inteiros é uma característica relacionada à qualidade do produto e à cultivar. Entretanto, mesmo uma cultivar de alto potencial de rendimento de grãos inteiros pode não manifestar essa característica em função do ambiente, dos procedimentos de colheita e do manejo pós-colheita (SILVA; FONSECA, 2006).

2.3.2 Aparência do endosperma

A aparência do endosperma do arroz é uma característica importante para o consumidor, o que torna igualmente importante para o produtor e para a indústria de beneficiamento e empacotamento do produto. Consumidores de arroz de diversos tipos de mercado dão preferência para arroz com endosperma translúcido, sem áreas opacas, e livre de manchas e imperfeições causadas por ataque de insetos ou por doenças (VIEIRA; RABELO, 2006).

Quando se escolhe um alimento, o impacto causado geralmente pela cor sobrepõe-se ao causado pelos demais atributos. Se a cor não for atraente, apesar do odor o ser, dificilmente o alimento será ingerido ou ao menos provado (DELLA MODESTA, 1994). A importância na abordagem da cor se deve ao fato de que um dos principais problemas de aceitação do arroz parboilizado por parte do consumidor brasileiro é o paradigma do arroz branco polido (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002).

A causa principal do escurecimento do arroz parboilizado são as reações de escurecimento não enzimático, representadas pela reação de Maillard, sendo esta a principal causa da coloração típica do arroz parboilizado (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002). Os pesquisadores Dillahunty, Siebenmorgen e Mauromoustakos (2001) concluíram em seus estudos que os efeitos da temperatura e tempo de exposição são os fatores mais importantes para o amarelamento do grão de arroz.

2.3.2.1 Defeitos

De acordo com a legislação brasileira, os defeitos nos grãos são classificados em defeitos gerais, defeitos gerais agregados e defeitos graves. Esses defeitos se aplicam aos grãos parboilizados, integrais e polidos. Os defeitos gerais são definidos em grãos danificados, manchados, picados, amarelos, rajados, gessados e não parboilizados. Já os defeitos gerais agregados são o somatório dos defeitos gerais encontrados na amostra, e os

defeitos graves são conhecidos como as matérias estranhas, impurezas, os grãos mofados, ardidos, pretos e os grãos não gelatinizados (GNG), sendo que esse último se aplica apenas ao grão que sofreu parboilização (BRASIL, 1988).

Grão danificado é aquele descascado e polido, inteiro ou quebrado que pelo processo de imersão ou secagem apresenta ruptura no sentido longitudinal, bem como, o grão que estoura (pipoca). O grão manchado e picado se define como sendo o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado que apresentar mancha escura ou esbranquiçada, bem como, perfuração por insetos ou outros agentes, desde que visíveis a olho nu. O GNG é o grão inteiro ou quebrado que não apresenta gelatinização do amido, devido a parboilização deficiente, mostrando-se totalmente "opaco" sob a luz polarizada. O grão preto é o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado que se apresentar totalmente enegrecido por ação excessiva de calor e umidade (BRASIL, 1988).

2.3.4 Qualidade nutricional

O arroz é uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais, e possui baixo teor de lipídios. Portanto, devido à importância do arroz na dieta de grande parte da população, sua qualidade nutricional afeta diretamente a saúde humana (WALTER; MARCHEZAN; ÁVILA, 2008).

Esse cereal é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. Entretanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento, produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas (KENNEDY; BURLINGAME, 2003; ZHOU et al., 2002).

Além disso, os nutrientes não estão uniformemente distribuídos nas diferentes frações do grão (Tabela 3). As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibra, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Dessa forma, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto de amido, originando diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (ZHOU et al., 2002).

As variações na composição do arroz, tanto devido ao genótipo quanto ao processamento, são interessantes para a alimentação, devido à diferença nas características nutricionais, podendo-se utilizar o arroz com diferentes fins na dieta. Deve-se salientar que a principal forma de consumo do grão, o arroz branco polido, apresenta redução na concentração da maioria dos nutrientes, afetando significativamente as características nutricionais (WALTER; MARCHEZAN; ÁVILA, 2008).

Tabela 3. Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido.

Constituinte	Arroz integral	Arroz branco polido	Arroz parboilizado polido
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteínas (N x 5,95)	10,46	8,94	9,44
Lipídios	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,30	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15
Fibra insolúvel	8,93	1,05	1,63
Fibra solúvel	2,82	1,82	2,52

Fonte: Walter; Marchezan e Ávila (2008).

O arroz parboilizado retém mais proteína, lipídios, cinzas, fibra bruta, açúcares redutores e amilose, sendo, portanto, mais nutritivo que o arroz branco polido (SUJATHA; AHMAD; BHAT, 2004).

2.3.4.1 Carboidratos

Os carboidratos são os principais constituintes do arroz. Além do amido, que corresponde a aproximadamente 90% da matéria seca do arroz polido, também estão presentes açúcares livres e fibra. O endosperma é composto principalmente por amido. O farelo e o gérmen apresentam principalmente fibra, contendo pequenas quantidades de outros carboidratos (JULIANO, 1993). Os açúcares livres estão localizados principalmente nas camadas externas do grão, sendo sua concentração afetada pela variedade, grau de polimento e processamento (WALTER; MARCHEZAN; ÁVILA, 2008).

A concentração de amido no arroz pode variar devido a fatores genéticos e ambientais, como observado por Frei, Siddhuraiu e Becker (2003), que obtiveram teores de amido entre 72 e 82% em arroz integral de diferentes cultivares. O processamento também influencia o percentual de amido, sendo este maior no arroz branco polido (87,58%) e no parboilizado polido (85,08%) comparado ao integral (74,12%), devido à remoção do farelo.

Os polissacarídeos não digeridos pelas enzimas no trato gastrintestinal, como celulose, hemiceluloses, amido resistente e pectinas, fazem parte da fração da fibra. Sua concentração é maior nas camadas externas do grão e diminui em direção ao centro, resultando em baixa concentração desses componentes nos grãos submetidos ao polimento. Além das diferenças nos teores de fibra total devido às características genotípicas e de processamento, Lai et al. (2006) observaram diferenças na proporção dos componentes da fibra entre arroz ceroso (alto teor de amilopectina) e não-ceroso (baixo teor de amilopectina). O arroz ceroso apresentou maior proporção de hemiceluloses (41,1%), com menor concentração de substâncias pécticas

(31,9%) e celulose (26,9%). Já o não-ceroso apresentou maior quantidade de substâncias pécticas (43,7 %) e menor de celulose (32,7%) e hemiceluloses (23,7%).

O maior consumo de fibra na dieta tem sido associado à redução na pressão arterial, na concentração de colesterol total, de lipoproteínas de baixa densidade (colesterol LDL) e triglicerídeos, e ao controle da glicose sanguínea (BEHALL; SCHOLFIELD; HALLFRISCH, 2006), auxiliando na prevenção e no controle de algumas doenças crônicas, como diabetes e doenças cardiovasculares. Entretanto, em alguns casos, a fibra pode prejudicar a absorção de minerais devido a sua capacidade de ligação e/ou seqüestro destes (WALTER; MARCHEZAN; ÁVILA, 2008).

2.3.4.2 Proteína

A qualidade de uma proteína está relacionada à sua capacidade de suprir as exigências do organismo. Está baseada na quantidade de aminoácidos essenciais e depende da digestibilidade no organismo ou mesmo de interferentes presentes na dieta (CINTRA et al., 2007).

O arroz geralmente é considerado como detentor de um dos menores conteúdos de proteína dentre os cereais (ZHOU et al., 2002), porém, sendo esse grão um dos mais consumidos no mundo, é bastante importante que sejam pesquisados meios de se aumentarem o conteúdo, a qualidade e a disponibilidade de proteína neste cereal (JULIANO, 1993).

O conteúdo de proteína não apresenta diferenças entre os processamentos; porém, o arroz integral (10,5%) tem valores um pouco mais elevados do que o parboilizado (9,4%), e este um pouco mais que o branco (8,93%). No Brasil, onde a dieta básica é composta de arroz e feijão, temos um balanceamento nutricional muito bom, pois a metionina do arroz é complementada pela proteína do feijão (STORCK; SILVA; COMARELLA, 2005).

2.3.4.3 Lipídios

A maior concentração de lipídios ocorre no gérmen (1/3 do conteúdo total) e na camada de aleurona. Dessa forma, a concentração de lipídios é maior no arroz integral, sendo reduzida com o polimento, geralmente observando-se concentrações inferiores a 1% no arroz polido (STORCK; SILVA; COMARELLA, 2005; WALTER; MARCHEZAN; ÁVILA, 2008).

Entre os tipos de arroz integral e o parboilizado integral não há diferenças significativas no teor de lipídios. Os autores Heinemann et al. (2005) encontraram valores

médios de 2,69% e 2,65%, respectivamente, e ainda relatam que estes valores foram semelhantes aos relatados em alguns quadros da composição dos alimentos.

2.3.4.4 Minerais

O conteúdo mineral é grandemente influenciado pelas condições de cultivo, incluindo fertilização e condições do solo, e pelo processamento. De forma geral, os minerais apresentam-se em maior concentração nas camadas externas do grão, com aproximadamente 72% no farelo e 28% no grão polido. Entretanto, alguns minerais apresentam distribuição mais uniforme, como sódio e cálcio, permanecendo no arroz branco polido 63% do sódio e 74% do cálcio do arroz integral (ITANI et al., 2002). Embora o arroz integral tenha maior concentração de minerais do que o polido, isso não significa necessariamente maior quantidade de minerais absorvidos pelo organismo, visto que a biodisponibilidade pode ser afetada pela presença de maiores teores de fibra e ácido fítico no arroz integral (JULIANO, 1993).

Com a parboilização, observa-se aumento no conteúdo mineral comparado ao arroz branco polido, relacionado à migração de minerais das camadas externas para o endosperma durante o processo (JULIANO, 1993). Para Heinemann et al. (2005), a parboilização resultou em um aumento de 18% de cinzas em relação ao branco polido.

Avaliando-se individualmente os minerais, maiores concentrações de potássio e fósforo são encontrados no arroz parboilizado polido comparado ao branco polido, mas não apresenta efeito na concentração de magnésio. Por outro lado, as concentrações de manganês, zinco e sódio são menores, indicando que os minerais apresentam diferentes padrões de migração durante a parboilização, afetando diferentemente sua concentração nos grãos (DERNADIN et al., 2004).

Outros comportamentos diferenciados foram observados em pesquisa realizada por Heinemann et al. (2005). Segundo estes autores, o arroz parboilizado polido apresentou maior conteúdo mineral comparado ao arroz branco polido, embora este efeito não seja uniforme para cada elemento. Os resultados mostram que, o conteúdo de potássio e fósforo são semelhantes para arroz parboilizado integral, indicando que o polimento não interferiu. Ao contrário, os teores de magnésio, ferro, sódio e selênio foram perdidos com o mesmo grau de polimento entre o arroz parboilizado. Outros elementos, como manganês, cálcio e zinco apresentaram uma perda significativa no arroz parboilizado, devido ao tratamento. A maior perda desses minerais no arroz parboilizado, em comparação com arroz polido não era esperada e pode indicar que esses minerais foram para as camadas externas dos grãos durante

a parboilização, e posteriormente, foram removidos pelo polimento. David et al. (2003) também observaram perdas significativas de Zn e Mn no arroz parboilizado cultivado no Sul do Brasil.

2.3.5 Qualidade de cocção

A preferência do consumidor, que pressupõe a valorização dos atributos que lhe agradam, é determinada não só pelas propriedades químicas e físicas dos grãos, mas também por aspectos relacionados à aparência do produto após cozimento, tais como, pegajosidade e textura (macio ou solto). As propriedades de textura e cocção são largamente dependentes da composição química das cultivares do que das características físicas (MOHAPATRA; BAL, 2006).

Em relação à textura do arroz parboilizado, após o preparo, é definida como tipicamente mais elástica que a do arroz branco polido (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002). De acordo com Amato e Elias (2005), os grãos se mantêm mais firmes ao cozinhar e mais difíceis de se grudarem. A qualidade de cocção do arroz é determinada pelas propriedades do amido.

2.3.5.1 Propriedades do amido

Os grânulos de amido são acumulações de inúmeras moléculas que podem ser fracionados em cadeia linear, essencialmente amilose e, altamente ramificada, amilopectina. A principal variação na composição de amido é causada pela proporção relativa das duas frações em grânulos de amido e este, juntamente com o comprimento da cadeia de distribuição, bem como a frequência e o espaçamento de pontos no interior da sucursal molécula de amilopectina (LU; CHEN; LII, 1997). Amilose e amilopectina são formadas em uma estrutura de *clusters*, em que os grânulos são compostos por moléculas de amido nos anéis concêntricos (Figura 3).

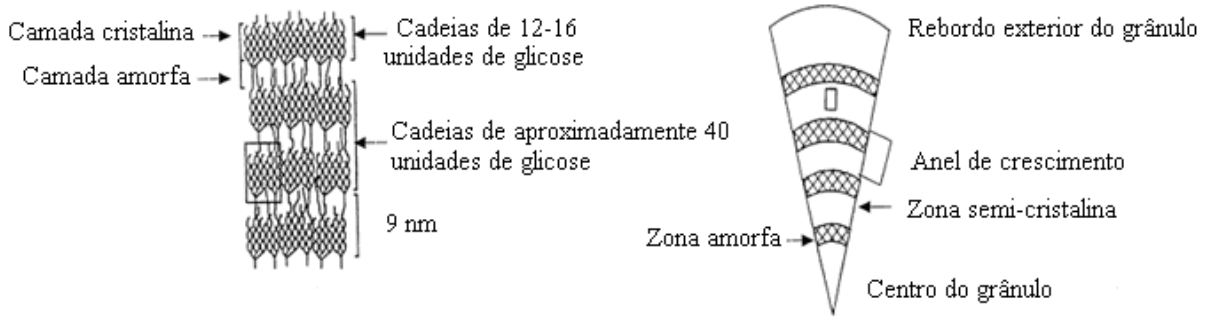


Figura 3. Regiões semi-cristalina e amorfa no grânulo de amido.
Fonte: Smith; Denyer e Martin (1997).

O conteúdo de amilose é geralmente expresso como porcentagem do peso seco do arroz beneficiado (JULIANO, 1993), e pode ser estimado medindo a transmissão da luz através da solução de um complexo de cor azul, que o amido forma com iodo. Esta determinação se realiza com referência a uma curva padrão que se constrói utilizando diferentes diluições de amilose pura (MARTINÉZ; CUEVAS, 1989).

As proporções de amilose e amilopectina influem na viscosidade e no poder de gelificação do amido. O conteúdo de amilose é considerado uma das variáveis mais importantes para avaliar o comportamento de cocção do arroz (ONG; BLANSHARD, 1995a; XIE et al., 2007). A amilose afeta diretamente a firmeza dos grãos e inversamente a pegajosidade dos grãos cozidos soltos (SUJATHA; AHMAD; BHAT, 2004).

A existência de uma maior área de regiões amorfas ou cristalinas nos grânulos de amido poderá facilitar a interação com os componentes da cadeia mais longa. Com base nesta ferramenta, é possível detectar diferenças na textura do arroz (ONG; BLANSHARD, 1995b). As diferentes estruturas de amilopectina poderiam explicar porque os grãos de arroz que possuem conteúdos de amiloses similares podem ter diferentes propriedades de textura (ONG; BLANSHARD, 1995a).

As cultivares com baixo teor de amilose apresentam cozimento aguado, dando-se preferência para aqueles com teores intermediários. A textura e aparência do arroz após cozimento são características que praticamente definem a aceitabilidade de uma nova cultivar. As variedades de arroz que têm um teor inferior de amilose resultam em grãos que, depois de cozidos, ficam pastosos e colantes, sendo, portanto, mais adequados na preparação de um arroz-doce cremoso. Quando o arroz é mais rico em amilose (>22% do amido), ele dá origem a um produto solto, adequado para acompanhamento de preparados com molho (BASSINELLO; CASTRO, 2004).

O cozimento do arroz branco e a parboilização têm como característica comum promover gelatinização e retrogradação do amido. Estes fenômenos seqüenciais permitem um rearranjo das moléculas, com a desestruturação dos grânulos de amido, gerando uma massa homogênea que ao resfriar-se perde água e apresenta interação bastante forte entre as moléculas (SAGUM; ARCOT, 2000).

A temperatura de gelatinização (TG) e a análise viscoamilográfica têm sido comumente utilizadas na determinação dos parâmetros físicos de farinha de arroz e amido (HAN; HAMAKER, 2001). A determinação da TG indica a capacidade de absorção de água pelo grão durante o cozimento. Durante a gelatinização ocorre um colapso da ordenação granular, durante a qual ocasionam mudanças irreversíveis nas propriedades, como o

inchamento dos grânulos, a fusão cristalina, a perda da birrefringência, o rompimento dos grânulos com a liberação da amilose e o aumento da viscosidade da suspensão (SILVA et al., 2004). No entanto, nem sempre os testes químicos se correlacionam com os físicos (teste de cocção) (CHAMPAGNE et al., 1999).

Outra característica importante para a qualidade tecnológica do arroz é a viscosidade, que indica algumas das propriedades de cocção do arroz, que são medidas primeiramente pela análise de *Rapid Visco Analyser* (RVA), que imita o processo de cocção e monitora as mudanças de uma pasta de arroz, durante o teste (FITZGERALD et al., 2000). A utilização do viscoamilógrafo para se conhecer as características amilográficas das pastas de arroz contribui para o estabelecimento de padrões tecnológicos, pois podem indicar as características dos grãos quanto à maciez, dureza e aderência, após a cocção, sendo, desta forma, um complemento ao estudo sensorial do germoplasma de arroz disponível no Brasil (CARVALHO; GERMANI, 1998).

De acordo com dados na literatura, arroz com boa qualidade de cocção deve apresentar as seguintes características: baixo teor de amilose e alto valor de *breakdown*, medido pela viscoamilografia (ZHOU et al., 2002). Compreender como a curva é formada é o primeiro passo para determinar como os parâmetros da curva podem ser traduzidos em atributos sensoriais ou de transformação. A formação de uma curva de viscosidade implica uma transição de polímeros semicristalinos e lipídios complexados para polímeros gelatinizados e desnaturados (FITZGERALD et al., 2003).

2.3.6 Aspectos sensoriais

Destacam-se, no arroz, as variedades com baixíssimo teor de amilose, que chegam a ser chamadas de *sweet rice*, pela doçura natural que apresentam. Um ponto negativo é dado pelos processos que promovem a secagem com combustão direta de casca de arroz, ou mesmo de lenha, que agregando cheiro de fumaça comprometeram – e seguem comprometendo – o nome do arroz parboilizado (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002).

As mudanças perceptíveis no *flavor* de todas as classes de arroz podem ser causadas pela época, armazenamento, polimento e outros fatores ambientais (FITZGERALD et al., 2000). Quando o arroz parboilizado não é autoclavado eficientemente, quando não é secado adequadamente, ou quando é elaborado de forma inadequada, o gosto, o aroma, o odor e a cor do arroz podem transformá-lo em inaceitável para o consumo. Algum tempo após o beneficiamento industrial, o odor e o sabor do arroz podem ser alterados por causa do ranço das substâncias graxas nele contidas (AMATO; ELIAS, 2005).

Diante do exposto, espera-se com a pesquisa, a geração e disponibilização de informações a respeito das características físicas, químicas e sensoriais do arroz de terras altas submetido à parboilização, assim como resultados sobre a influência da época de colheita na qualidade do arroz, principalmente no rendimento de grãos inteiros e na composição nutricional, com o intuito de minimizar as perdas e conhecer os parâmetros que afetam a qualidade.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da época de colheita e da parboilização sobre a qualidade física, química e sensorial das cultivares de arroz BRS Primavera e BRS Sertaneja, no sistema de cultivo de terras altas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir as isotermas de hidratação para as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, como teste preliminar para a parboilização.
- Aplicar o processo de parboilização de arroz nas cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas aos 30 e 47 dias após o florescimento, em duas condições de encharcamento.
- Avaliar a concentração de sólidos totais e pH da água de encharcamento do arroz parboilizado.
- Quantificar a umidade final dos grãos de arroz encharcados e o índice de abertura de grãos de arroz parboilizado.
- Determinar a renda, o rendimento dos grãos inteiros e o grau de polimento do arroz polido e parboilizado polido.
- Estabelecer os defeitos nos grãos do arroz parboilizado e determinar os parâmetros de cor dos grãos de arroz polido e parboilizado polido.
- Estabelecer o perfil viscoamilográfico dos grãos de arroz polido e parboilizado polido.
- Avaliar a composição centesimal e o teor de minerais (Ca^{2+}, Mg^{2+}, P^{5+}, K^{+}, Zn^{2+}, Cu^{2+}, e Mn^{2+}) dos grãos de arroz polido e parboilizado polido.
- Determinar a temperatura de gelatinização dos grãos de arroz polido e o teor de amilose dos grãos de arroz polido e parboilizado polido.
- Indicar a textura e pegajosidade dos grãos de arroz polido e parboilizado polido cozidos por meio do teste de cocção, e realizar a aceitação das cultivares de arroz parboilizadas, provenientes de duas épocas de colheita, por meio da análise sensorial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

As amostras de arroz analisadas foram provenientes do sistema de cultivo de terras altas, da fazenda Capivara, situada no município de Santo Antônio de Goiás-GO, colhidas em duas épocas: aos 30 e 47 dias após o florescimento (DAF). O material era composto de duas cultivares de arroz de terras altas do tipo longo fino: BRS Primavera e BRS Sertaneja, oriundas do programa de melhoramento genético de arroz da Embrapa Arroz e Feijão. Os dados referentes às datas de colheita e teor de umidade estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Dados referentes à colheita das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja.

Cultivar	Data da colheita	DAF*	Umidade (%)
BRS Primavera	23/03/2007	30	21
BRS Primavera	09/04/2007	47	16
BRS Sertaneja	30/03/2007	30	20
BRS Sertaneja	16/04/2007	47	17

*DAF = dias após o florescimento.

As cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja foram colhidas manualmente, e, posteriormente, passaram pela etapa de secagem ao sol, até atingir a umidade de 13%, sendo esta determinada por meio do medidor de umidade para grãos modelo PM-300 Grainer II Kett®, com 100 g de amostra. Posteriormente, foi realizada a limpeza do material, separando-se a palha e os grãos chochos com auxílio de uma peneira, e então, os grãos foram armazenados em câmara fria sob umidade relativa do ar ao redor de 60% e temperatura de 18 °C, por três meses até o momento das análises.

4.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em duas etapas distintas. Na primeira, os grãos foram submetidos ao encharcamento para realização das isotermas de hidratação, com posterior parboilização. Na segunda, a água utilizada para a imersão do arroz foi submetida às análises físico-químicas, e os grãos às análises físicas, químicas e sensoriais. O experimento foi realizado entre dezembro/2007 e julho/2009, sendo a análise sensorial realizada após

avaliação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa, da Universidade Federal de Goiás (UFG). O protocolo da pesquisa pode ser observado na Figura 4.

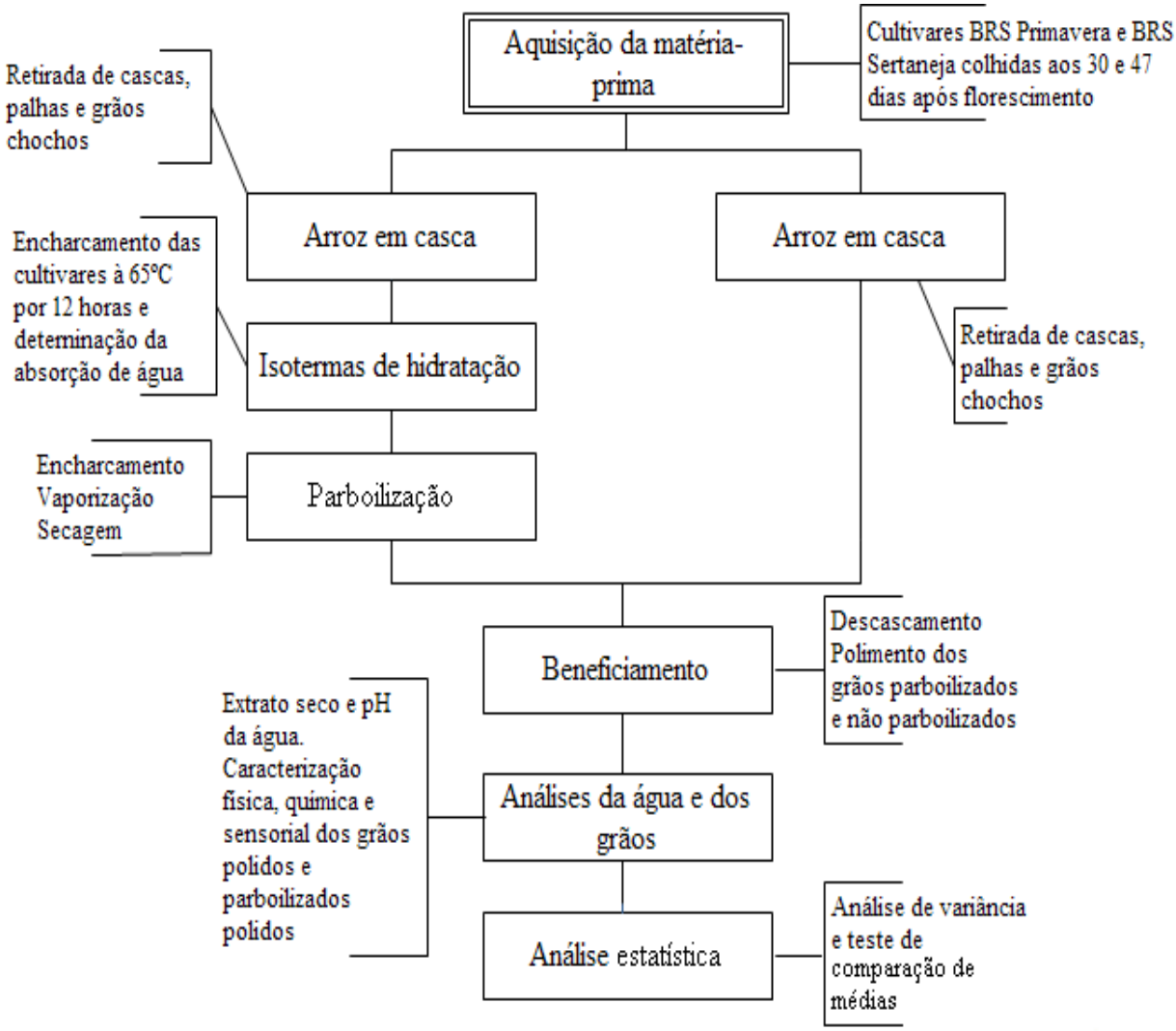


Figura 4. Protocolo experimental.

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2x2 (cultivar, época de colheita, umidade adquirida no encharcamento), totalizando em oito tratamentos, sendo o experimento realizado em três repetições (Tabela 5), com exceção do teste de aceitação da análise sensorial, com delineamento em blocos casualizados.

Tabela 5. Definição dos tratamentos de acordo com a época de colheita e teor de umidade adquirido na etapa de encharcamento das cultivares estudadas.

Tratamento	Cultivar	Dias após florescimento	Umidade (%)
1	BRS Primavera	30	28
2	BRS Primavera	30	30
3	BRS Primavera	47	28
4	BRS Primavera	47	30
5	BRS Sertaneja	30	28
6	BRS Sertaneja	30	30
7	BRS Sertaneja	47	28
8	BRS Sertaneja	47	30

4.3 MÉTODOS

Os testes físicos e químicos foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Embrapa Arroz e Feijão, localizado na fazenda Capivara, no município de Santo Antônio de Goiás-GO. A análise de minerais foi efetuada no Laboratório de Análise de Solos e Foliar da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, da UFG. O teste de aceitação das amostras foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos da Universidade Católica de Goiás.

4.3.1 Isotermas de hidratação

As isotermas de hidratação foram construídas para as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas na safra de 2007. O objetivo foi estabelecer os tempos necessários para os grãos absorverem uma quantidade de água para se obter uma parboilização ideal (cerca de 30% de umidade) e uma não ideal (menos de 30% de umidade), segundo Amato e Elias (2005).

Sendo assim, 200 g de arroz em casca de cada cultivar foram encharcados em 320 mL de água potável, seguindo a relação massa de grãos por massa de água de 1:1,6, em béquer de vidro, com capacidade de 2 L, cobertos com folha de alumínio, e colocados em banho-maria modelo Ma 470 Marconi®. O encharcamento foi realizado à temperatura de 65 ºC, por ser considerada intermediária, segundo Amato e Elias (2005). Calculou-se a temperatura necessária para que, no contato dos grãos com a água, ocorresse o equilíbrio para 65 °C. Utilizou-se, para isso, a equação do balanço de energia e massa, para o cálculo de

transferência de calor, segundo Amato, Carvalho e Silveira Filho (2002), representada pela Equação 1:

$$Tw = Ts + \left(\frac{Wp \times Sp \times (Ts - Tp)}{Ww \times Sw} \right) \qquad \text{Equação (1)}$$

Sendo:

Tw = temperatura inicial da água (ºC)

Ts = temperatura final da água + arroz (ºC)

Wp = massa de arroz (kg)

Sp = calor específico do arroz (cal/gºC)

*T*p = temperatura do arroz (ºC)

Ww = quantidade de água (L)

Sw = calor específico da água (cal/gºC)

Portanto, a temperatura inicial do banho-maria foi de 79,8 ºC para que fosse atingido 65 ºC no momento da adição da amostra. As amostras foram retiradas a cada hora, num tempo total de 12 h, sendo escorrido o excesso de água com papel toalha, e posterior pesagem em balança analítica modelo FA2104N-BioPrecisa®, de precisão 0,0001 g, e secagem em estufa modelo 315/4-Fanem® a 105 °C, para determinação de sua umidade, em triplicata, método 925.10 da AOAC (1997), sendo a metodologia proposta por Elias (1998).

4.3.2 Parboilização

O processo de parboilização foi realizado por metodologia proposta por Elias (1998), com adaptações, conforme apresentado na Figura 5.

A parboilização foi dividida em duas bateladas contendo quatro tratamentos, definidos aleatoriamente. Após o recebimento da matéria-prima, realizou-se a pré-limpeza dos grãos. Para isso, foram retirados, manualmente, as cascas, palhas e grãos chochos que estavam presentes. Foram tomados 500 g de amostra e colocados em béquer de vidro de 2 L contendo 800 mL de água potável, cobertos com folha de alumínio, e então, colocados em banho-maria, modelo Ma 470 Marconi®, como descrito no Item 4.3.1, e, foram utilizados dois tempos de encharcamento, previamente definidos pelas isotermas de hidratação para cada cultivar, sendo: tempo 1 = com absorção de cerca de 28% de umidade e tempo 2 = com absorção de 30% de umidade, conforme apresentado na Tabela 5. Na seqüência, retirou-se a água de dentro do béquer contendo a amostra, e o arroz foi autoclavado por 10 min a 120 °C e 1,1 kg/cm^2 de pressão, em autoclave vertical modelo AV75 Phoenix®.

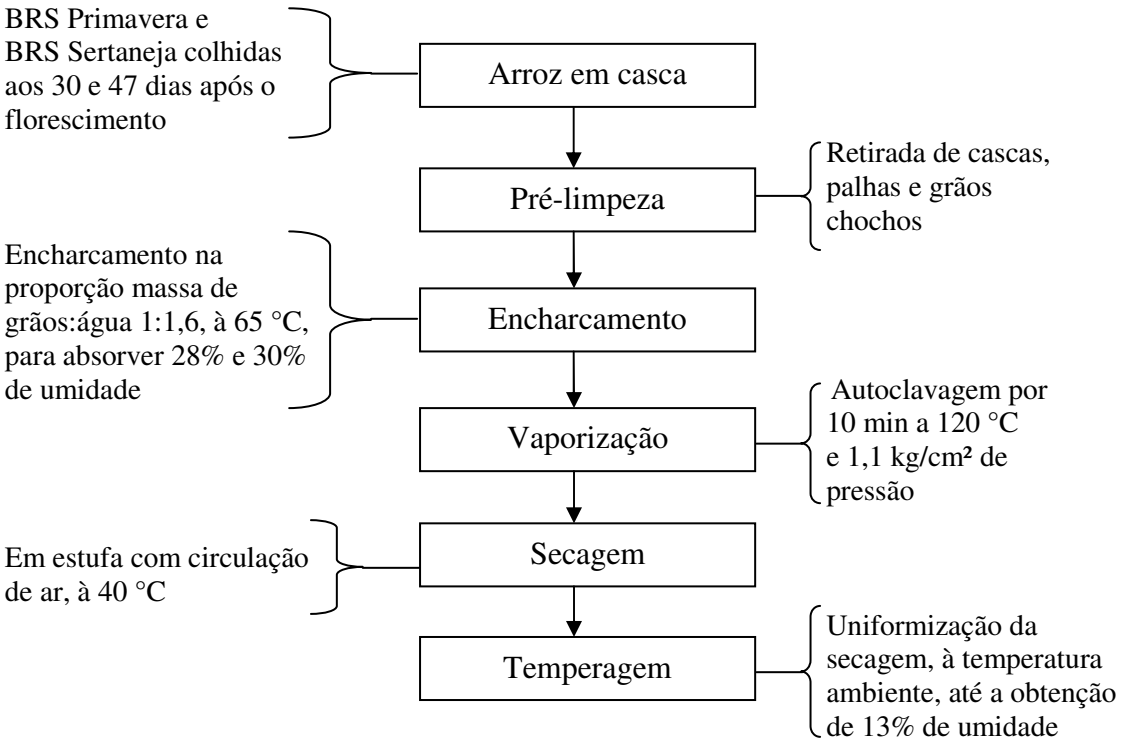


Figura 5. Etapas do processo de parboilização do arroz.

Após este processo, as amostras foram submetidas à secagem por meio de repouso dentro de estufa com circulação de ar modelo 400/5 ND 300º - Nova Ética®, à temperatura de 40 °C, sendo as amostras homogeneizadas e tendo a umidade medida a cada meia hora, até que fosse atingido, aproximadamente, 16%. Após a secagem em estufa, realizou-se a secagem à temperatura ambiente (temperagem), com umidade relativa do ar, em média, de 43,35%, o que facilitou o processo de secagem, para equilíbrio e uniformização da umidade e secagem dos grãos até 13%. A umidade foi determinada utilizando o medidor de umidade para grãos modelo PM-300 Grainer II Kett®, com 100 g de amostra.

4.3.3 Beneficiamento

Para o beneficiamento, separaram-se 100 g de arroz em casca das cultivares parboilizadas e não parboilizadas, em triplicata. O descascamento foi realizado no descascador de arroz Satake Rice® previamente regulado para as cultivares e o polimento dos grãos foi realizado por meio do moinho Grainman®, com tempo de permanência das amostras descascadas no brunidor de 1 min.

4.3.4 Análises da água de encharcamento dos grãos de arroz parboilizado

4.3.4.1 Sólidos totais

A concentração de sólidos totais da água foi determinada após a etapa de encharcamento da parboilização dos grãos de arroz. Retiraram-se alíquotas da água de imersão do arroz para a determinação do extrato seco, em triplicata, segundo o método n. 202 descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.3.4.2 Determinação de pH

O pH da água de encharcamento foi determinado a partir do método potenciométrico, 943.02 da AOAC (1997), utilizando-se soluções tampão comerciais de pH 4,0 e 7,0 na calibração do equipamento. Para a medida do pH da água utilizou-se o potenciômetro Tec - 3MP–Tecnal®, a temperatura ambiente, em triplicata.

4.3.5 Análises físicas dos grãos de arroz

4.3.5.1 Teor de umidade final

Após o encharcamento, foram retiradas amostras para quantificar o teor de umidade nos grãos, como determinado nas isotermas de hidratação (Item 4.3.1). Primeiramente, retirou-se o excesso de água dos grãos com papel toalha e foram pesados 2 g de arroz úmido em balança analítica modelo FA2104N-BioPrecisa®, de precisão 0,0001 g. Na sequência as amostras foram secas em estufa modelo 315/4-Fanem® a 105 °C até obter peso constante, segundo o método 925.10 da AOAC (1997). A determinação foi realizada em triplicata.

4.3.5.2 Índice de abertura de grãos

O índice de abertura dos grãos de arroz parboilizado foi determinado por meio de avaliação visual, com a separação das unidades abertas de sub-amostras de 100 g de arroz em casca retiradas aleatoriamente, para determinação do percentual de abertura de grãos após a parboilização. A determinação foi realizada em triplicata.

4.3.5.3 Renda do benefício e rendimento de inteiros

A renda do benefício e o rendimento de grãos inteiros foram determinados segundo a legislação, em triplicata (BRASIL, 1988). Após o beneficiamento dos grãos de arroz polido e parboilizado polido (partindo de 100 g de arroz em casca), obteve-se a renda do benefício por meio da pesagem dos grãos polidos (inteiros e quebrados). Em seguida, os grãos inteiros foram selecionados, por meio do *trieur* nº 1, apropriado para o tipo das cultivares longo-fino,

e pesados em balança semi-analítica VI-350 Acculab® com precisão 0,01 g, para obtenção da porcentagem de grãos inteiros polidos (rendimento de inteiros).

4.3.5.4 Grau de polimento

O grau de polimento (GP) foi determinado para os grãos de arroz polido e parboilizado polido, utilizando a relação descrita pela Equação 2 (MOHAPATRA; BAL, 2006):

$$GP = 1 - \left(\frac{AP(g)}{AI(g)} \right) \times 100 \qquad \text{Equação (2)}$$

Sendo:

AP = massa de arroz polido

AI = massa de arroz integral

4.3.5.5 Índice de defeitos

Os grãos de arroz parboilizado polido foram caracterizados de acordo com os defeitos gerais e defeitos graves. Para os defeitos gerais, foram determinados apenas os grãos danificados, manchados e picados, e para os defeitos graves foram considerados os grãos pretos e os GNG de acordo com a legislação (BRASIL, 1988). Para fins de comparação, determinou-se também o índice de manchados e picados no arroz polido.

Foram considerados grãos danificados, os grãos de arroz parboilizado que se apresentaram como grãos descascados e polidos, inteiros ou quebrados que pelo processo de imersão ou secagem apresentaram ruptura no sentido longitudinal. Para a determinação de grãos manchados e picados foram considerados os grãos descascados e polidos, inteiros ou quebrados que apresentaram mancha escura ou esbranquiçada, bem como, perfuração por insetos ou outros agentes, desde que visíveis a olho nu, e grãos pretos foram aqueles descascados e polidos, inteiros ou quebrados que se apresentaram totalmente enegrecidos por ação excessiva de calor e umidade (BRASIL, 1988). A determinação de grãos danificados, manchados e picados, e pretos foi realizada em triplicata.

O índice de GNG foi determinado nos grãos inteiros de arroz parboilizado polido segundo o método da luz polarizada (AMATO, 1989) com alterações. Os grãos de arroz parboilizado foram submetidos à ação da luz polarizada; desse modo, os grãos que se apresentaram com parcelas de 25%, 50%, 75% e 100% de opacidade foram considerados como não gelatinizados, sendo estes expressos em porcentagem do total amostrado (Equação 3). A determinação foi realizada em cinco replicatas.

$$\left(\frac{N}{250}\right)\times 100 = \%GNG \qquad \text{Equação (3)}$$

Sendo:

N = somatório do número de GNG de cinco subamostras.

250 = número total de grãos de arroz de cinco subamostras.

4.3.5.6 Análise de cor

Para a análise dos parâmetros de cor dos grãos parboilizados e não parboilizados foi utilizado o colorímetro Colorquest XE, Hunterlab®. Primeiramente, o instrumento foi calibrado com as placas branca e preta. Foi considerado o iluminante $D_{65}/10^{o}$ e as leituras foram realizadas em 10 replicatas para cada amostra. As medidas de cor L^*, a^* e b^* foram determinadas segundo o espaço de cor CIELab, onde a coordenada L^* é uma indicação de luminosidade do preto (0) ao branco (100), a coordenada a^* é uma indicação de tonalidade na direção do verde para o vermelho e a coordenada b^* é uma identificação de tonalidade na direção do azul para o amarelo (GOOD, 2002).

4.3.5.7 Análise Viscoamilográfica

Utilizou-se a técnica *Rapid Visco Analyser* (RVA) para a obtenção da curva viscoamilográfica do arroz polido e parboilizado polido. Primeiramente, os grãos de arroz polido e parboilizado polido foram moídos no moinho de facas Willey-Mill®, e a farinha foi peneirada em peneira de aço inox de 100 Tyler/mesh ou abertura de 0,150 mm, recolhendo-se as porções passantes, a fim de se obter tamanho de partículas apropriado para a análise. As amostras moídas foram analisadas no RVA 4 - Newport Inc.®, o qual foi usado para medir a viscosidade de pasta aparente das amostras em função da temperatura, segundo o método oficial para arroz, 61-02 da AACC (2000), em duplicata. Para 3 g de cada amostra (corrigidas para 14% umidade) foram adicionados quantitativamente 25 mL de água destilada. A suspensão formada pelo amido e a água foi inicialmente cisalhada a 960 rpm durante 10 s. Para a medida propriamente dita, a suspensão foi mantida a 50 °C por 3 min e 45 s, para que se pudesse investigar a viscosidade do amido a baixa temperatura. Posteriormente, a mistura foi aquecida a 95 °C sob velocidade constante de 14 ºC/min, mantida nesta temperatura por 3 min e 30 s, resfriada a 50 °C durante 4 min e 10 s sob a mesma velocidade, e mantida a 50 °C por mais 1 min e 25 s, totalizando 12 min e 30 s de análise, a 160 rpm.

Dos gráficos obtidos (Apêndice A) foram avaliadas as seguintes características: viscosidade máxima (pico), *breakdown* (diferença entre as viscosidades máxima e da pasta

mantida a 95 °C por 3 min e 30 s), viscosidade final e *setback*, que mede a tendência à retrogradação (diferença entre as viscosidades final e da pasta a 50 °C por 5 min).

4.3.6 Análises químicas dos grãos de arroz

4.3.6.1 Composição centesimal

A composição centesimal foi determinada nos grãos de arroz polido e parboilizado polido, moídos e peneirados (0,150 mm), em triplicata. A umidade foi realizada conforme técnica descrita pelo método oficial 925.10 da AOAC (1997); nitrogênio total, segundo o método de micro-Kjeldahl e conversão em proteína bruta utilizando-se o fator 5,95 (FAO, 1970) e o método oficial 960.52 da AOAC (1996); lipídios totais, extraídos pelo método de Soxhlet, seguindo o método oficial n. 32 do Instituto Adolfo Lutz (2008); fibra bruta segundo o método oficial 962.09 da AOAC (1997), utilizando o determinador de fibra, modelo TE-149, da Tecnal®; e cinzas, por incineração em forno mufla a 550 ºC, utilizando o método oficial 923.03 da AOAC (1997). Os carboidratos foram estimados por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios, cinzas e fibra bruta.

4.3.6.2 Minerais

Os grãos inteiros de arroz polido e parboilizado polido foram lavados em água destilada e secos em estufa com circulação de ar modelo 400/5 ND 300º - Nova Ética®, à temperatura de 50 ºC por 48 h. Na sequência, foram moídos no moinho de bolas de zircônia, modelo MM200 Retsch®, para evitar possíveis contaminações, sendo apropriado para análise de minerais.

As amostras foram pesadas (500 mg) em papel vegetal utilizando balança analítica Kern 410® e transferidas quantitativamente para tubos de digestão, para serem, em seguida, submetidas à digestão nitroperclórica. Os minerais Ca^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+}, Cu^{2+} e Mn^{2+}, foram quantificados por meio de espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer® analyst 100, utilizando-se os parâmetros instrumentais (lâmpada, comprimento de onda, corrente da lâmpada e largura da fenda) específicos para cada nutriente por absorção atômica. O elemento P^{5+} foi determinado em presença de solução de molibdato, que em meio redutor (ácido ascórbico) origina um complexo de cor azul. A leitura foi realizada em espectrofotômetro Spectronic 20 Bausch & Lomb Alfa®. O elemento K^{+} foi determinado pela intensidade de radiações emitidas, sendo a leitura realizada em um fotômetro de chamas DM-61 D-igimed®. Todos os minerais foram determinados em duplicata e seguiu-se o método de Bataglia et al. (1978).

4.3.6.3 Temperatura de gelatinização

A TG foi determinada indiretamente, mediante o grau de dispersão alcalina e clarificação dos grãos de arroz polido quando em contato com uma solução alcalina, de acordo com a metodologia desenvolvida por Martinéz e Cuevas (1989). A técnica não pôde ser aplicada para o arroz parboilizado, pois o mesmo já passou pelo processo de gelatinização.

Sendo assim, 10 grãos de arroz foram incubados em 10 mL de solução KOH a 1,7% por 23 h, em estufa 315/4 da Fanem®, à 30 ºC. Foi utilizada uma escala (1 a 7) para medir e interpretar a dispersão alcalina (Tabela 6). A determinação foi realizada em triplicata.

Tabela 6. Escala dos graus de dispersão e temperatura de gelatinização de arroz.

Grau de dispersão	Características	TG
1, 2 e 3	Os grãos não são afetados pela solução alcalina	Alta (74 a 80 °C)
4 e 5	Os grãos se desintegram parcialmente	Intermediária (69 a 73 °C)
6 e 7	Os grãos se dissolvem totalmente	Baixa (63 a 68 °C)

Fonte: Adaptado de Martinéz e Cuevas (1989).

O resultado foi calculado multiplicando o número de grãos pela respectiva nota (grau de dispersão), somados e divididos por 10. Desta forma foi obtida a nota de grau de dispersão alcalina que se relaciona com as temperaturas de gelatinização (alta, intermediária ou baixa). Como testemunhas, foram utilizadas as variedades Colômbia 1 (TG alta); Bluebonnet 50 (TG intermediária) e IR 8 (TG baixa).

4.3.6.4 Teor de amilose

A concentração da fração amilose do amido foi determinada no arroz polido e parboilizado polido, em duplicata, por meio de técnica colorimétrica, desenvolvida por Martinéz e Cuevas (1989) e adaptada pelo Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Embrapa Arroz e Feijão.

Utilizou-se como indicador a solução iodo/iodeto de potássio e o complexo formado medido por espectrofotômetro no visível a um comprimento de onda $\lambda = 620$ nm. Em 100 mg de farinha de arroz peneirada (0,150 mm), pesada em balança analítica modelo FA2104N-BioPrecisa®, de precisão 0,0001 g, foram adicionados 1 mL álcool etílico 95% e 9 mL de solução de NaOH 1,0 N. Deixou-se em repouso, a temperatura ambiente, em balões com tampa por um período de 16 h para gelatinizar o amido. Após esse processo, a amostra foi transferida para balão volumétrico de 100 mL, completada o volume com água destilada e homogeneizada. De cada um dos balões que contêm as amostras de amido gelatinizado, foram

tomadas alíquotas de 5 mL com uma pipeta volumétrica, para serem transferidas para balões de 100 mL e acidificadas com 1 mL de ácido acético 1 N. Foram acrescentados 2 mL do indicador de iodo, que ao reagir com o amido, formou um complexo de coloração azul; e a amostra então, foi homogeneizada.

A curva de calibração foi obtida utilizando-se diversas diluições de amilose de batata, código A-0512, Sigma®. Inicialmente foram pesados 40 mg de amilose e colocados em balões de 100 mL. Foram seguidos os mesmos passos realizados para gelatinizar o amido das amostras de arroz. Após gelatinizado o amido e completado o volume do balão, foram pipetadas alíquotas de 2, 3, 4, 5 e 6 mL e transferidas para os balões de 100 mL, obtendo-se cinco diluições da solução padrão. Depois foram colocados 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 e 1,2 mL de ácido acético respectivamente e 0,8, 1,2, 1,6, 2,0 e 2,4 mL de iodo. Foram completados os balões com água destilada, agitados e deixados em repouso sob proteção da luz por 30 min, antes de realizar as leituras. Utilizando-se o espectrofotômetro modelo 700 Plus-Femto®, a um comprimento de onda a 620 nm, foi lida a absorção de luz de cada uma das diluições da solução padrão e também das amostras, em triplicata. Como testemunhas, foram utilizadas as variedades Colômbia 1, Bluebonnet 50 e IR 8, pois apresentam teores de amilose baixo, intermediário e alto, respectivamente. As amostras foram classificadas de acordo com os teores de amilose apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Classificação do teor de amilose em arroz.

Teor de amilose	(%)
Alto	$27 \leq 32$
Intermediário	$22 < 27$
Baixo	$11 \leq 22$

Fonte: Adaptado de Martinéz e Cuevas (1989).

4.3.7 Análise sensorial dos grãos de arroz

A análise sensorial foi dividida em dois testes diferentes. Primeiramente, foi aplicado teste de cocção objetivando-se avaliar os atributos de textura e pegajosidade dos grãos de arroz polido e parboilizado polido. Em seguida, foi realizado teste afetivo de aceitação dos grãos parboilizados, segundo os atributos de aparência, aroma, sabor e textura.

4.3.7.1 Teste de cocção

O teste foi realizado segundo metodologia adotada nas análises de rotina do Laboratório de Tecnologia de Alimentos Embrapa Arroz e Feijão, adaptada de Martinéz e

Cuevas (1989). As análises foram realizadas por provador treinado, em três repetições de cada tratamento.

Para os grãos de arroz parboilizado polido, foram adicionados 375 mL de água em caçarola de aço inox com tampa nº 16, acrescentaram-se 100 g de arroz e adicionaram-se 4,0 g de sal. O cozimento foi realizado em fogo alto, sendo a chama diminuída no início da fervura. Cozinhou-se em fogo médio, com a caçarola semi-tampada, até a parte interna da tampa secar. Retirou-se do fogo e esperou-se 5 min, com a caçarola tampada, até o momento da análise. As amostras foram analisadas segundo a coesividade e, para avaliação da textura, esperou-se a amostra atingir a temperatura de 45 ºC. A classificação para análise da coesividade e textura estão descritos na Tabela 8.

Para os grãos de arroz polido, adicionaram-se em caçarola de aço inox com tampa nº 16, 10 mL de óleo vegetal e 100 g de arroz. Fritou-se o arroz por, aproximadamente 2 min, e acrescentaram-se 250 mL de água e 3,0 g de sal. Cozinhou-se em fogo médio, com a caçarola semi-tampada, até a parte interna da tampa secar. Retirou-se do fogo e esperou-se 5 min para a amostra ser analisada, conforme citado para os grãos parboilizados. Além da textura e coesividade, determinou-se o tempo de cocção, por meio de cronômetro digital e obteve-se o peso dos grãos de arroz polido e parboilizado polido cozidos.

Tabela 8. Classificação para os atributos de coesividade e textura.

Coesividade	Textura
1 – muito solto	1 – macio
2 – solto	2 – ligeiramente macio
3 – ligeiramente pegajoso	3 – duro
4 – pegajoso	
5 – muito pegajoso	

Fonte: Adaptado de Martinéz e Cuevas (1989).

4.3.7.2 Teste afetivo

Foi efetuado um teste afetivo de aceitação com os grãos de arroz parboilizado polido, cuja absorção de água no encharcamento foi de 30% para as duas cultivares provenientes de duas épocas, objetivando-se saber, a aceitabilidade das quatro amostras pelos provadores, frente às duas épocas de colheita.

As amostras foram preparadas seguindo a metodologia realizada por Lima et al. (2006). Primeiramente, acrescentou-se na base da panela semi-industrial Golden Kitchen®, dois litros de água, e levou-se ao fogão, para ferver em fogo alto.

Em cada placa de Petri pequena devidamente codificada com números aleatórios de três dígitos, foram pipetados 15 mL de água filtrada, sendo então colocada sobre a grade perfurada da panela. A panela foi tampada até a liberação de vapor, e em seguida, adicionaram-se 6 g de cada amostra de arroz e 0,25 g de sal dentro das placas de Petri. Posteriormente, homogeneizaram-se as amostras com bastão de vidro (Figura 6) e tampou-se novamente.

Figura 6. Homogeneização das amostras na panela semi-industrial Golden Kitchen®.

A panela permaneceu em fogo alto até a saída de vapor, quando então, diminuiu-se para chama mínima, e iniciou-se a cronometragem de um tempo de 30 min para todas as amostras utilizadas. Após a cocção, as amostras foram apresentadas aos 50 provadores não treinados, monadicamente, em cabines individuais, cuja ordem de apresentação foi definida por sorteio. Solicitou-se aos provadores que degustassem as amostras e enxaguassem a boca após cada degustação, e assinalassem qual ponto identificava melhor a percepção de cada atributo, além da intenção de compra, conforme a ficha de escala hedônica de 9 pontos fornecida, representada pelo Apêndice B, de acordo com método apresentado por Reis e Minim (2006). Após a degustação, foi aplicado um questionário apresentado no Apêndice C aos provadores, com o intuito de estabelecer o perfil destes.

4.3.8 Análise estatística

Os resultados das análises físicas, químicas e sensoriais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em esquema fatorial e teste para comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade), além de análise de correlação de Pearson entre variáveis, com auxílio do

aplicativo SAS for Windows, versão 8.1 (SAS, 2003). Foram também construídos histogramas utilizando o aplicativo Microsoft Excel for Windows (2003).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ISOTERMAS DE HIDRATAÇÃO

Antes de submeter as cultivares de arroz à parboilização, é importante conhecer o comportamento hidrotérmico destas nas operações de encharcamento, relativamente às combinações binárias temperatura do banho de imersão e tempo. A absorção de água durante essa etapa pode estar relacionada com os principais critérios de qualidade do arroz parboilizado, tais como: ótimo rendimento, menor perdas por defeitos, desejáveis cor e aroma (MIAH et al., 2002).

Está apresentada na Figura 7 a isoterma de hidratação da cultivar BRS Primavera à temperatura de 65 °C, durante 12 h de encharcamento.

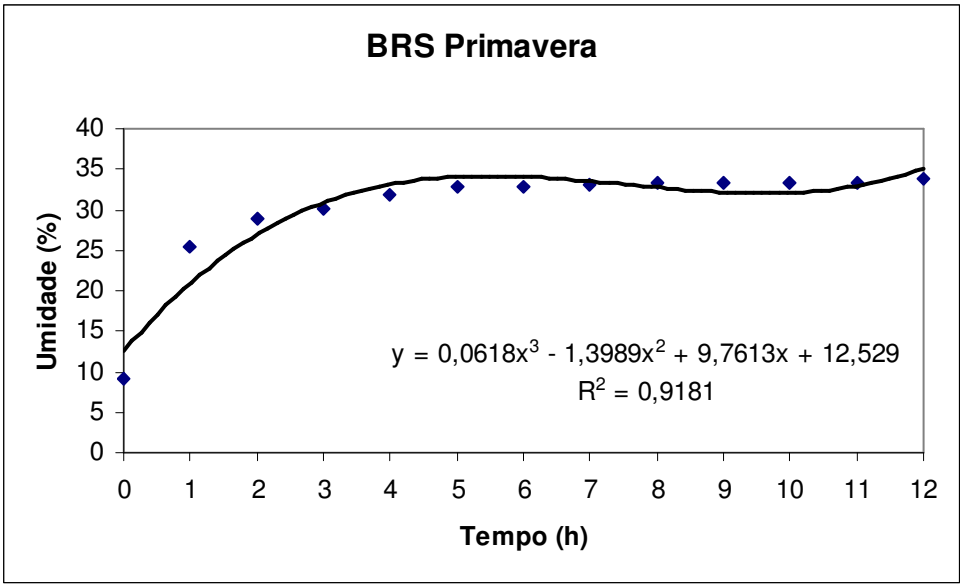


Figura 7. Isoterma de hidratação da cultivar BRS Primavera à temperatura de 65 ºC.

A curva de hidratação dos grãos de arroz da cultivar BRS Primavera mostra um rápido aumento do teor de umidade durante as primeiras horas de encharcamento à temperatura de 65 ºC. Esse efeito também foi observado durante o encharcamento da cultivar de arroz Gallo, RP2, do tipo longo-fino, na mesma temperatura, em pesquisa realizada por Bello, Tolaba e Suarez (2004). Estes autores afirmam que a rápida absorção pode ser atribuída às camadas capilares ultraperiféricas do pericarpo. Outro importante fator que contribui para a rápida absorção no início do encharcamento é o espaço vazio existente entre a casca e o endosperma.

Com aproximadamente 2 h de encharcamento da cultivar BRS Primavera se obtém 28% de umidade, e com aproximadamente 3 h, os grãos já apresentam 30% de umidade. Gariboldi (1972) identificou como 30% a umidade ideal para uma boa parboilização, pois atinge a hidratação necessária para uma gelatinização eficaz durante a etapa seguinte (vaporização).

É possível observar pela isoterma (Figura 7) que, após atingir 30% de umidade, houve tendência à estabilização. Em pesquisa realizada por Bello, Tolaba e Suarez (2004) também observou-se esse comportamento. Os pesquisadores Silva et al. (2005) afirmaram que esse comportamento é característico para grãos do tipo longo fino, como os da cultivar BRS Primavera.

As isotermas de hidratação dependem de vários fatores, sendo diferentes para cada cultivar e cada combinação binária (BELLO; TOLABA; SUAREZ, 2004; THAKUR; GUPTA, 2006). A curva de hidratação da cultivar BRS Sertaneja à temperatura de 65 °C pode ser observada na Figura 8.

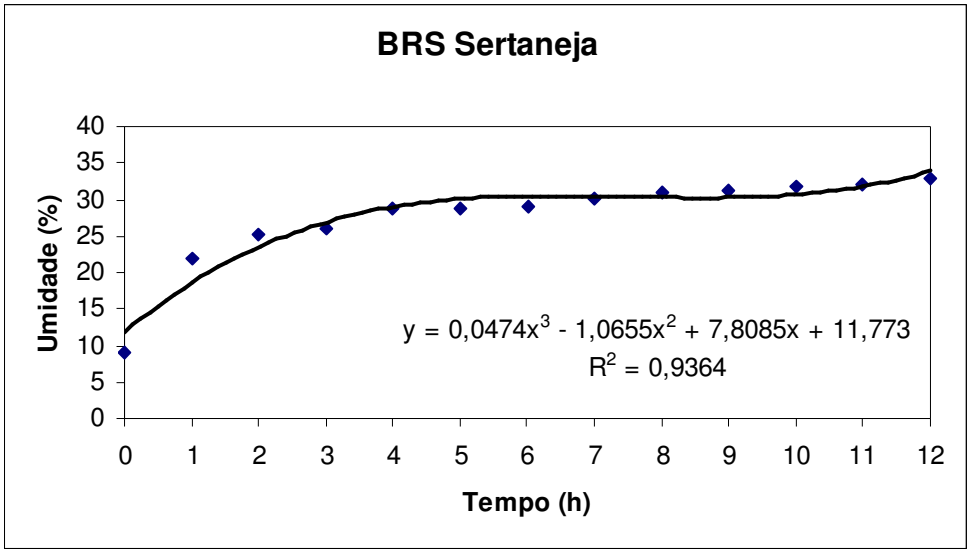


Figura 8. Isoterma de hidratação da cultivar BRS Sertaneja à temperatura de 65 ºC.

Observa-se que, para a cultivar BRS Sertaneja, a absorção de água foi mais lenta em relação à cultivar BRS Primavera, quando foram necessárias 4 h de encharcamento para os grãos atingirem 28% de umidade. Para atingir 30% de umidade, a cultivar BRS Sertaneja necessitou de 7 h de encharcamento. O tempo foi 100% e 133% maior que o obtido para a cultivar BRS Primavera, para 28% e 30% de umidade adquirida no encharcamento,

respectivamente. Dessa forma, fica claro que as cultivares apresentam comportamentos diferenciados em relação à quantidade de água absorvida durante o encharcamento.

Vários são os fatores que podem estar envolvidos nessa diferença de comportamento, tais como, as características da casca e tamanho e espessura do grão, próprios para cada cultivar. Durante o encharcamento, a água é difundida para o interior do grão, promovendo uma expansão volumétrica que pode ocorrer nas direções radial e axial dos grãos (BAYRAM; ÖNER; KAYA, 2004), o que afetará, consequentemente, na taxa de absorção de água, dependendo da morfologia do grão. Os grãos de arroz descascados e polidos da cultivar BRS Primavera apresentam, segundo Bonow et al. (2007), comprimento de 7,5 mm, largura de 2,1 mm e espessura de 1,6 mm, sendo os valores menores que o da cultivar BRS Sertaneja, também descascada e polida, encontrados por Fonseca et al. (2007), que são, 7,7 mm de comprimento, 2,2 mm de largura e 1,8 mm de espessura. Estes valores indicam que as características morfológicas também podem influenciar no tempo de hidratação das cultivares estudadas, apesar das duas serem do tipo longo-fino, a cultivar BRS Sertaneja apresentou-se com maiores dimensões.

As cultivares de terras altas têm a tendência de absorverem água mais lentamente comparadas com as cultivares do sistema irrigado (VIEIRA; RABELO, 2006), sendo assim, a cultivar BRS Sertaneja obteve o comportamento esperado pelas cultivares de terras altas. Já a cultivar BRS Primavera, apesar de ser produzida em terras altas, possui a vantagem de economia de tempo e custo, por necessitar de menor tempo na etapa de encharcamento, se assemelhando à cultivar do sistema irrigado IRGA 418 (FAGUNDES et al., 2001).

Em um estudo da absorção de água da variedade BR4 oriunda do Instituto de Pesquisa de Arroz de Bangladesh, constatou-se um teor de umidade de 29,4% em apenas 15 min de contato com a água, porém utilizou-se temperatura de 80 ºC. Em 2 h de encharcamento a umidade aumentou para 37% (MIAH et al., 2002). O aumento do tempo e da temperatura provoca maior difusão da taxa de água pela circulação de água capilar da superfície para o centro dos grãos (MIAH et al., 2002; PAN; TANGRATANAVALEE, 2003; RESIO; AGUERRE; SUAREZ, 2005; RESENDE; CORRÊA, 2007). Porém, esse aumento pode causar danos como escurecimento dos grãos e intensificação de defeitos e odores no arroz parboilizado (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002). Neste trabalho utilizou-se a temperatura de 65 ºC para minimizar tais danos.

5.2 ANÁLISES DA ÁGUA DE IMERSÃO DO ARROZ PARBOILIZADO

As análises da água de encharcamento do arroz parboilizado, como concentração de sólidos totais e pH, podem revelar informações importantes relacionadas aos aspectos de qualidade do arroz, sendo dependente da cultivar, época de colheita e condições de operação da parboilização. Realizou-se análise de variância para encontrar possíveis interações entre esses fatores. Em seguida, determinou-se o desdobramento das possíveis interações, objetivando-se saber o efeito da dependência entre os fatores estudados.

5.2.1 Sólidos totais e pH da água de encharcamento

Os valores do teor de sólidos totais (%) e pH da água de encharcamento dos tratamentos estudados em relação às cultivares, épocas de colheita e teores de umidade adquiridos no encharcamento, e as possíveis interações significativas ($P \leq 0,05$) entre os fatores cultivar e época de colheita estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre a concentração de sólidos totais e pH da água de encharcamento.

Tratamento	Sólidos Totais (%)	pH
Cultivares (C)		
BRS Primavera	0,11 ^{B}	7,07 ^{A}
BRS Sertaneja	0,18 ^{A}	6,35 ^{B}
Épocas de colheita (E)		
30 DAF	0,14 ^{B}	6,73 ^{A}
47 DAF	0,16 ^{A}	6,70 ^{A}
Teores de umidade (U)		
28%	0,11 ^{B}	6,90 ^{A}
30%	0,19 ^{A}	6,52 ^{B}
Interações		
CxE	NS	NS
CxU	0,0002*	0,0002*
CxExU	NS	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Nesse estudo, verifica-se que houve interação significativa ($P \leq 0,05$) para a concentração de sólidos totais, apenas entre os fatores cultivar e teor de umidade. Sendo assim, a concentração de sólidos totais na água de encharcamento independe da época de colheita das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, e depende do teor de umidade destas.

Os maiores valores da concentração de sólidos totais foram encontrados para os tratamentos realizados com a cultivar BRS Sertaneja, colhidos aos 47 DAF e com 30% de umidade adquirida no encharcamento. Em geral, os valores foram baixos. Segundo Lequerica e Tortosa (1977 apud QUEIROZ; KOETZ, 1997), a transferência de sólidos totais para a água de encharcamento varia de 0,3 a 0,6%.

Os resultados da análise de pH (Tabela 9) também indicam que houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre cultivar e o teor de umidade, e que este também independe da época de colheita do arroz, comprovada pela interação não significativa entre cultivar e época de colheita ($P > 0,05$). Os valores de pH observados para a cultivar BRS Primavera encontram-se em torno da neutralidade, diferindo-se significativamente ($P \leq 0,05$) dos valores para a cultivar BRS Sertaneja, que estão ligeiramente ácidos. O desdobramento das interações foi realizado (Tabela 10), para entender o comportamento de cada cultivar em cada teor de umidade, tanto para a concentração de sólidos totais quanto para o pH.

Tabela 10. Desdobramento das interações positivas entre cultivar e o teor de umidade (U) sobre a concentração de sólidos totais e pH da água de encharcamento.[1]

U (%)	Sólidos Totais (%)		pH	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	BRS Primavera	BRS Sertaneja
28	0,09±0,02 ^{Bb}	0,13±0,02 ^{Ba}	7,09±0,24 ^{Aa}	6,72±0,10 ^{Ab}
30	0,14±0,02 ^{Ab}	0,24±0,03 ^{Aa}	7,06±0,15 ^{Aa}	5,97±0,15 ^{Bb}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes para cada variável se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Com o aumento do teor de umidade de 28% para 30%, ocorreu um aumento significativo ($P \leq 0,05$) na concentração de sólidos totais na água de imersão, tanto para a BRS Primavera quanto para BRS Sertaneja. Tal fato pode ser explicado pelo maior tempo de encharcamento para a absorção de 30% de umidade, principalmente para a cultivar BRS Sertaneja, pois essa teve um aumento de 84,61% na concentração de sólidos totais, enquanto a cultivar BRS Primavera teve um aumento de 55,5%, quando as amostras absorveram 28% e 30%. Quando se comparam as cultivares no mesmo teor de umidade, o aumento na concentração de sólidos totais também é maior para a BRS Sertaneja, sendo 44,4% maior para 28% de umidade, e 71,4% maior para 30% de umidade.

A concentração de sólidos na água de encharcamento pode ser atribuída à liberação de compostos presentes no endosperma ou na casca do grão de arroz, o que leva a uma maior perda, quanto maior for a concentração de sólidos (GUTKOSKI, 1991 apud QUEIROZ; KOETZ, 1997). Os pesquisadores Queiroz e Koetz (1997) estudando os efluentes do tanque

de encharcamento de uma empresa de parboilização de arroz, localizada na cidade de Pelotas (RS), concluíram que a maior lixiviação do material orgânico do grão também pode estar atribuída à falta de homogeneidade na distribuição da temperatura na fase de encharcamento. Isso se traduz em um aumento direto da demanda sobre o meio ambiente. No presente estudo, como as quantidades foram muito pequenas, entre 0,09 e 0,24%, essa falta de homogeneidade não deve ter ocorrido.

As variações de pH entre 6,72 e 5,97 (Tabela 10) para a cultivar BRS Sertaneja são esperadas, uma vez que de acordo com Gutkoski (1991 apud QUEIROZ; KOETZ, 1997), avaliando o efeito das condições de encharcamento e autoclavagem na parboilização do arroz, na cidade de Pelotas (RS), o pH da água de encharcamento diminuiu com o tempo, resultando em uma água residuária com pH na faixa ácida. Para a BRS Primavera não ocorreu essa variação, o que, provavelmente, pode ser explicado pelo menor tempo de encharcamento, tanto quando se obtém 28% de umidade (2 h de encharcamento) quanto para a absorção de 30% de umidade (3 h de encharcamento), em relação à cultivar BRS Sertaneja (4 e 7 h de encharcamento).

O menor valor de pH (5,97) encontrado pela cultivar BRS Sertaneja, colhida aos 30 DAF com 30% de absorção de água, aproximou-se dos resultados encontrados por Queiroz e Koetz (1997), que variaram de 4,02 a 5,80, diferenciando-se em apenas 21,59%. Para a cultivar BRS Primavera, o menor valor encontrado de pH foi de 7,06 com 30% de umidade, diferenciando-se em 43,79% dos resultados encontrados por Queiroz e Koetz (1997).

Verificou-se também que existe uma relação negativa entre o pH e a concentração de sólidos totais da água de encharcamento das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja (Tabela 11), ou seja, quanto maior for a concentração de sólidos totais, mais ácida será a água de encharcamento.

Tabela 11. Coeficiente de correlação de Pearson entre a concentração de sólidos totais e pH das cultivares de arroz parboilizado.

	pH
Sólidos totais (%)	-0,8173**

** Correlação significativa ($P \leq 0,01$).

Oliveira et al. (2005) também estudaram o efeito do pH da água de encharcamento na parboilização do arroz proveniente do Rio Grande do Sul, e constataram que, com o aumento do pH de 2 para 6, diminui a liberação de sólidos totais dissolvidos; e quanto mais a água de encharcamento se aproxima do pH neutro, maior será a aceitabilidade da cor dos grãos de

arroz quando cozidos. Segundo os mesmos autores, o controle do pH da água de encharcamento pode melhorar o desempenho industrial e reduzir o desenvolvimento microbiano na parboilização.

5.3 ANÁLISES FÍSICAS DOS GRÃOS DE ARROZ

As análises físicas, compreendidas pela determinação de defeitos, rendimento de grãos inteiros, cor e análise viscoamilográfica estão relacionadas com a qualidade industrial do arroz. Para as análises efetuadas nos grãos polidos e parboilizados polidos, também foi realizada análise de variância preliminar para encontrar possíveis interações entre os fatores cultivar e época de colheita para os grãos polidos, e cultivar, época de colheita e umidade adquirida no encharcamento, para os grãos parboilizados. Também foi realizada análise de variância para encontrar possíveis interações entre os tipos de arroz polido e parboilizado polido. Após a análise de variância, determinou-se o desdobramento das possíveis interações, objetivando-se saber o efeito da dependência entre os fatores estudados.

5.3.1 Teor de umidade final e índice de abertura de grãos

O teor de umidade final foi determinado durante a parboilização dos grãos, na etapa de encharcamento, para confirmar os valores fornecidos pelas isotermas de hidratação de cada cultivar. Após a parboilização, determinou-se também o índice de abertura de grãos. Na Tabela 12 encontram-se os resultados das análises do teor de umidade final e do percentual de grãos abertos em relação às cultivares, épocas de colheita e teores de umidade.

Os valores do teor de umidade final em relação às cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja não se diferenciam significativamente ($P > 0,05$), enquanto que para as diferentes épocas de colheita, o teor de umidade final foi maior para as cultivares colhidas aos 47 DAF, levando a uma interação significativa ($P \leq 0,05$) entre os fatores cultivar e época de colheita. Em relação à interação entre os fatores cultivar e teor de umidade, e à interação tripla entre cultivar, época de colheita e teor de umidade, não foram significativas ($P > 0,05$), o que significa não haver dependência entre os mesmos.

Os resultados do percentual de grãos abertos também mostram interação significativa entre cultivar e época de colheita ($P \leq 0,05$), evidenciando uma relação de dependência entre esses fatores.

Tabela 12. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre o teor de umidade final e grãos abertos de arroz parboilizado.

Tratamento	Teor de umidade final (%)	Grãos abertos (%)
Cultivares (C)		
BRS Primavera	29,07 ^{A}	45,01 ^{A}
BRS Sertaneja	29,27 ^{A}	32,49 ^{B}
Épocas de colheita (E)		
30 DAF	28,95 ^{B}	36,81 ^{B}
47 DAF	29,39 ^{A}	40,70 ^{A}
Teores de umidade (U)		
28%	28,15 ^{B}	35,63 ^{B}
30%	30,19 ^{A}	41,87 ^{A}
Interações		
CxE	0,0003*	0,0261*
CxU	NS	NS
CxExU	NS	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Observa-se que houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as cultivares, épocas de colheita e entre os teores de umidade, isoladamente, para os resultados do percentual de grãos abertos. Sendo assim, a cultivar BRS Primavera apresentou a maior concentração (45,01%), e os resultados também foram maiores para as cultivares colhidas aos 47 DAF (40,70%) e que absorveram 30% de umidade no encharcamento (41,87%).

A diferença entre o percentual de grãos abertos pode ser causada por vários fatores. O volume hidrodinâmico de amido aumenta devido ao inchaço irreversível (gelatinização) durante o encharcamento e subsequente entrada de vapor (MIAH et al., 2002), o que pode ter provocado a divisão e abertura da casca. Essa abertura dos grãos durante a parboilização pode ocasionar um aumento no índice de grãos danificados, além disso, pode ter influência no escurecimento destes. Deve, portanto, ser evitada, controlando-se o tempo e temperatura, para que haja menos perdas por defeitos e também de alguns nutrientes, por lixiviação (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2005).

O desdobramento das análises de teor de umidade final e percentual de grãos abertos foi realizado para que fosse possível identificar as diferenças ou não entre cada cultivar e sua respectiva época de colheita, isoladamente (Tabela 13).

Tabela 13. Desdobramento das interações positivas entre cultivar e época de colheita sobre o teor de umidade final e o percentual de grãos abertos de arroz parboilizado.[1]

DAF	Teor de umidade final (%)		Grãos abertos (%)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	BRS Primavera	BRS Sertaneja
30	29,14±1,08 ^{Aa}	28,76±1,10 ^{Aa}	41,11±2,12 ^{Ba}	32,50±6,35 ^{Ab}
47	29,01±1,12 ^{Aa}	29,77±1,31 ^{Aa}	48,91±6,21 ^{Aa}	32,48±4,55 ^{Ab}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes para cada variável se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

Os valores em geral, confirmam aqueles encontrados nas isotermas de hidratação para todos os tratamentos estudados, variando de 28,15% a 30,19% quando se utilizaram menores tempos e maiores tempos no encharcamento, respectivamente. Segundo Bello, Tolaba e Suarez (2004), a absorção de água de produtos agrícolas, submetidos ao processo de embebição, geralmente, aumenta com a elevação do tempo de embebição.

Verifica-se, que, mesmo com a dependência entre cultivar e época de colheita, com o desdobramento dessa interação positiva, os tratamentos não se diferenciaram ($P > 0,05$) entre a época de colheita, em relação às mesmas cultivares, e entre as diferentes cultivares, em relação às diferentes épocas de colheita, evidenciando o mesmo comportamento em relação ao teor de umidade final.

Para os resultados do índice de grãos abertos, a cultivar BRS Primavera apresentou maior percentual quando colhida aos 47 DAF, enquanto que, para a cultivar BRS Sertaneja, não houve diferenças ($P > 0,05$) entre as duas épocas de colheita. Quando se comparam as cultivares na mesma época, percebe-se uma diferença de 26,49% e 50,58%, quando colhidas aos 30 e 47 DAF, respectivamente, sendo o percentual de grãos abertos maiores para a BRS Primavera. A cultivar BRS Sertaneja apresentou os melhores resultados em relação à qualidade industrial, pois, seu percentual de grãos abertos foi baixo nas duas épocas de colheita.

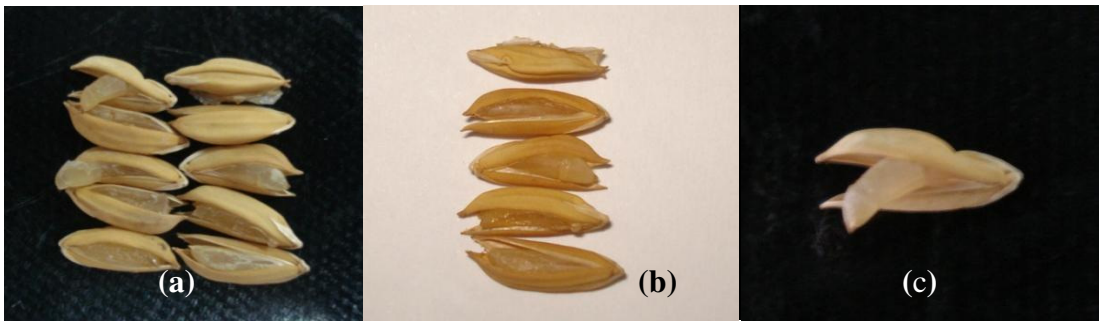
Comparando-se as duas variáveis: teor de umidade final e percentual de grãos abertos, observa-se uma correlação positiva e significativa ($P \leq 0,05$) para a cultivar BRS Sertaneja, e não significativa ($P > 0,05$) para a cultivar BRS Primavera (Tabela 14).

Tabela 14. Coeficiente de correlação de Pearson entre o teor de umidade final e o percentual de grãos abertos das cultivares de arroz parboilizado.

BRS Primavera		BRS Sertaneja	
	Umidade final (%)		Umidade final (%)
Grãos abertos (%)	0,3408	Grãos abertos (%)	0,7008*

* Correlação significativa ($P \leq 0,05$).

Esses resultados evidenciam que, quanto maior o teor de umidade final, maior será o índice de grãos abertos. Para a cultivar BRS Sertaneja, a umidade final a 30% de umidade ocorreu durante 7 h de encharcamento, e para a BRS Primavera, em apenas 3 h, sendo assim, o tempo pode ter favorecido o maior percentual de grãos abertos para a cultivar BRS Sertaneja. A abertura de grãos de arroz parboilizado pode ser observada na Figura 9.



(a) e (b) grãos abertos da cultivar BRS Primavera; (c) grão da cultivar BRS Primavera tipo "banana"

Figura 9. Grãos abertos da cultivar BRS Primavera colhida aos 47 dias após o florescimento com 30% de umidade.

A utilização de temperaturas maiores, também pode ocasionar maiores índices de abertura da casca. Em pesquisa realizada em Pelotas (RS), por Helbig et al. (2007), com amostras de grãos de arroz do tipo longo fino cedidas pelo Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), os grãos apresentaram indesejável abertura da casca quando a temperatura de encharcamento foi de 60 para 70 ºC, e afirmaram que isto ocasiona dificuldades na etapa de autoclavagem, especialmente pelo extravasamento de material da cariopse, dificultando a movimentação dos grãos.

5.3.2 Renda do benefício e rendimento de inteiros

Os resultados da renda do benefício e rendimento de grãos inteiros para os grãos de arroz polido das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas aos 30 e 47 DAF, com suas interações estão apresentados na Tabela 15.

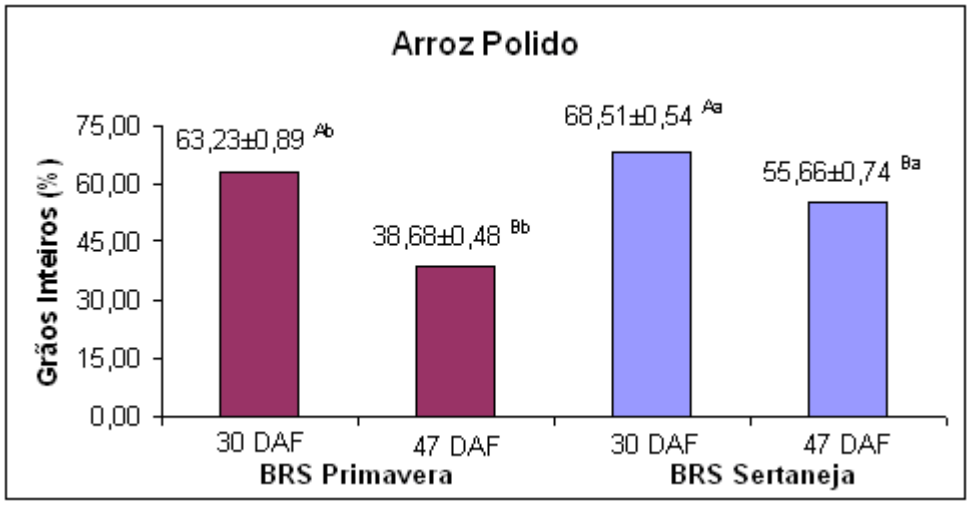
Os valores da renda representam o somatório de grãos inteiros e quebrados obtidos após o beneficiamento, sendo o rendimento representado apenas pela quantidade de grãos inteiros. Os valores obtidos para a renda e rendimento de grãos inteiros diferem significativamente ($P \leq 0,05$) para os efeitos de cultivar e época de colheita, sendo maiores para a cultivar BRS Sertaneja e para as cultivares colhidas aos 30 DAF. Entretanto, apenas para rendimento de inteiros houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre os fatores.

Tabela 15. Efeito de diferentes cultivares e épocas de colheita sobre a renda e o rendimento dos grãos de arroz polido.

Tratamento	Renda (%)	Rendimento (%)
Cultivares (C)		
BRS Primavera	70,33 ^{B}	50,96 ^{B}
BRS Sertaneja	71,24 ^{A}	62,09 ^{A}
Épocas de colheita (E)		
30 DAF	71,97 ^{A}	65,87 ^{A}
47 DAF	69,60 ^{B}	47,17 ^{B}
Interações		
CxE	NS	< 0,0001*

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

O desdobramento desta interação (Figura 10) permitiu identificar em qual época de colheita as duas cultivares apresentaram o melhor rendimento. Em relação a cultivar BRS Primavera, percebe-se que quando a colheita é realizada aos 47 DAF ocorre uma acentuada queda no rendimento de grãos inteiros ($P \leq 0,05$) em relação à mesma cultivar colhida aos 30 DAF, representada por 63,47% de diferença. Isso ocorre devido à cultivar ser exigente ao ponto de colheita. De acordo com Silva e Fonseca (2006), a colheita da BRS Primavera não deve ultrapassar 40 dias após o florescimento dos grãos.



Letras maiúsculas nas colunas de mesma cor, e minúsculas nas colunas do mesmo dia após o florescimento (DAF) diferem significativamente pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).

Figura 10. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e época de colheita sobre o rendimento dos grãos de arroz polido.

Para os grãos de arroz polido da cultivar BRS Sertaneja, a diferença no rendimento de inteiros entre as duas épocas de colheita também é significativa ($P \leq 0,05$), sendo menor

quando esta é realizada aos 47 DAF (55,66%). Entretanto, comparando-se as duas cultivares, quando a colheita é realizada aos 30 DAF, a BRS Sertaneja apresenta 8,35% de diferença em relação à cultivar BRS Primavera, e quando a colheita é realizada aos 47 DAF, apresenta 43,90% de diferença, ou seja, o rendimento da culivar BRS Sertaneja é significativamente maior ($P \leq 0,05$) que o rendimento da BRS Primavera, nas duas épocas de colheita.

Em pesquisa realizada por Ribeiro et al (2004), nota-se também um comportamento bastante variável entre as cultivares estudadas, também do sistema de cultivo de terras altas. Os autores constataram que a medida que se afasta do ponto adequado da umidade de colheita (20 a 22%), ocorre uma queda acentuada no rendimento de inteiros. Esse resultado reforça a recomendação técnica de que a colheita deve ser realizada quando os grãos apresentarem de 20 a 22% de umidade. Para as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, o teor de umidade na colheita também pode ter interferido no menor rendimento, pois quando colhidas aos 47 DAF, apresentaram 16 e 17% de umidade, respectivamente.

O fato das cultivares comportarem-se diferentemente, quanto à permanência no campo, confirma os resultados obtidos por Fonseca et al. (2004), quando em estudo semelhante, encontraram diferenças significativas de rendimento de grãos inteiros para a cultivar BRS Liderança, do sistema de cultivo de terras altas, considerando-se o momento da colheita aos 32 e 46 DAF. Segundo esses autores, sugere-se para a obtenção de melhores rendimentos de grãos inteiros no beneficiamento, que a colheita das cultivares de arroz de terras altas seja efetuada entre 30 e 40 DAF, alertando acompanhar a umidade dos grãos, pois as cultivares diferenciam-se muito quanto à capacidade de suportar às reumidificações nas variações climáticas.

Em relação às cultivares de arroz parboilizadas, na Tabela 16, encontram-se os resultados da renda do benefício e rendimento de grãos inteiros para a BRS Primavera e BRS Sertaneja, para as duas épocas de colheita e os diferentes teores de umidade também. Mesmo com as diferenças estatísticas ($P \leq 0,05$) entre cultivares e épocas de colheita, não houve interações significativas ($P > 0,05$) entre todos os fatores estudados, para renda e rendimento de inteiros, sendo assim, os resultados indicam que não há relação de dependência entre cultivares, épocas de colheita e teores de umidade, para renda e rendimento dos grãos de arroz parboilizado. Com a parboilização os valores da renda e rendimento aumentaram e se tornaram muito próximos, para os dois teores de umidade para as cultivares. A cultivar BRS Sertaneja apresentou a maior renda e rendimento, e para as duas épocas de colheita, os valores foram maiores para a colheita realizada aos 30 DAF.

Tabela 16. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre a renda e o rendimento dos grãos de arroz parboilizado.

Tratamento	Renda (%)	Rendimento (%)
Cultivares (C)		
BRS Primavera	73,97 ^{B}	70,45 ^{B}
BRS Sertaneja	76,07 ^{A}	75,41 ^{A}
Épocas de colheita (E)		
30 DAF	75,31 ^{A}	73,55 ^{A}
47 DAF	74,73 ^{B}	72,31 ^{B}
Teores de umidade (U)		
28%	74,89 ^{A}	72,85 ^{A}
30%	75,14 ^{A}	73,01 ^{A}
Interações		
CxE	NS	NS
CxU	NS	NS
CxExU	NS	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Quando se comparam os resultados entre os dois tipos de processamento (polido e parboilizado polido), na Tabela 17, verifica-se que não houve interações significativas ($P > 0,05$) entre os fatores cultivar x época, cultivar x tipo e cultivar x época x tipo, para a renda do benefício.

Tabela 17. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre a renda e o rendimento dos grãos de arroz.

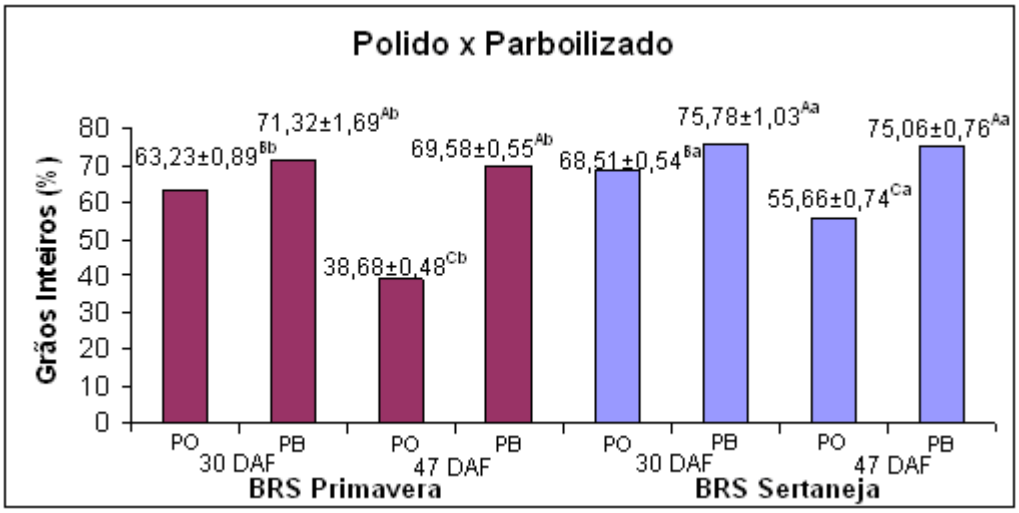
Tratamento	Renda (%)	Rendimento (%)
Cultivares		
BRS Primavera	72,15 ^{B}	60,70 ^{B}
BRS Sertaneja	73,65 ^{A}	68,75 ^{A}
Épocas de colheita		
30 DAF	73,64 ^{A}	69,71 ^{A}
47 DAF	72,16 ^{B}	59,74 ^{B}
Tipo de processamento		
Polido	70,78 ^{B}	56,52 ^{B}
Parboilizado polido	75,02 ^{A}	72,93 ^{A}
Interações		
CxE	NS	< 0,0001*
CxT	NS	< 0,0001*
CxExT	NS	< 0,0001*

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste de Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Mesmo assim, para a cultivar BRS Sertaneja, e para as cultivares colhidas aos 30 DAF e o tipo parboilizado polido, a renda foi significativamente maior ($P \leq 0,05$). Mesmo não havendo a separação de inteiros e quebrados, essas diferenças ocorridas, de acordo com Bayram, Öner e Kaya (2004), podem ser explicadas pelo volume maior dos grãos parboilizados causados pelo inchamento durante a gelatinização do amido, o que pode ter aumentado a sua densidade.

Para os resultados de rendimento de grãos inteiros, verifica-se que há uma interação significativa ($P \leq 0,05$) entre os fatores estudados (Tabela 17). A cultivar BRS Sertaneja continua apresentando o maior percentual de grãos inteiros em relação à cultivar BRS Primavera, e as cultivares colhidas aos 30 DAF, também possuem o maior rendimento de inteiros ($P \leq 0,05$) em relação às mesmas colhidas aos 47 DAF. Entretanto, apenas com o desdobramento das interações significativas entre os fatores (Figura11), consegue-se obter uma análise mais exata a cerca do melhor tratamento em relação ao rendimento de grãos inteiros.

Os resultados apresentados na Figura 11 evidenciam que a parboilização aumenta o rendimento de inteiros ($P \leq 0,05$) mesmo para a cultivar BRS Primavera colhida após o seu ponto ótimo de colheita. Com a parboilização, o rendimento não apresenta diferenças significativas ($P > 0,05$) entre a mesma cultivar colhida em épocas diferentes.



Letras maiúsculas nas colunas de mesma cor, e minúsculas nas colunas do mesmo dia após o florescimento (DAF) e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 11. Desdobramento das interações positivas entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre o rendimento dos grãos de arroz.

O aumento do rendimento de inteiros pode ser explicado pelas modificações físico-químicas que ocorrem no arroz parboilizado que estão diretamente ligadas ao aumento de umidade do grão e à elevação da temperatura (GUTKOSKI; ELIAS, 1992). Em amostras submetidas a um período adequado de encharcamento, a água penetra nos espaços vazios do endosperma, que firmará as fissuras internas do grão, sendo que a imersão quente acelera esse processo cicatricial (MIAH et al., 2002). Tal fato se torna muito importante para a agroindústria, em termos de ganho de produtividade e redução de custos, principalmente quando ocorrem atrasos na colheita. Apesar do processamento de arroz parboilizado ser mais complexo, o maior rendimento poderia compensar o maior custo industrial.

O rendimento da cultivar BRS Sertaneja parboilizada é significativamente maior ($P \leq 0,05$) em relação à cultivar BRS Primavera parboilizada, apresentando uma diferença de 7,05%, independente da quantidade de água absorvida no encharcamento (28 ou 30%). Para Breseghello et al. (2006), a cultivar BRS Sertaneja polida destaca-se pelo elevado e estável rendimento de grãos inteiros, o que representa uma grande vantagem para os produtores que, por algum motivo, não possam colher a lavoura na fase ideal. Esse fato também é confirmado neste experimento, pois não ocorreram variações significativas ($P > 0,05$) para os grãos de arroz da cultivar BRS Sertaneja colhida aos 30 e 47 DAF, parboilizados.

5.3.3 Grau de polimento

A determinação do grau de polimento se torna importante quando se deseja obter informações sobre a qualidade nutricional ou tecnológica dos grãos de arroz (MOHAPATRA; BAL, 2006; LAMBERTS et al., 2007). Os resultados do grau de polimento para os grãos de arroz polido e parboilizado polido das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas aos 30 e 47 DAF, e as possíveis interações significativas ($P \leq 0,05$) entre os fatores estão apresentados na Tabela 18.

Para os resultados apresentados, verifica-se que, não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os fatores cultivar, época de colheita e tipo de processamento, entretanto, as interações entre cultivar e época de colheita, e entre cultivar e tipo de processamento foram significativas ($P \leq 0,05$).

O grau de polimento dos grãos de arroz polido está dentro do intervalo considerado correto. A faixa ideal para os grãos de arroz polido apresentarem ótima qualidade de cocção está entre 10 a 13%, de acordo com Mohapatra e Bal (2007), estudando a relação do grau de polimento com os índices de cocção das variedades de arroz Pusa Basmati (longo fino), Swarna (médio) e ADT37 (curto). Para a variedade Pusa Basmati, o grau de polimento

encontrado foi de 10%, o mesmo obtido para a maioria dos tratamentos com as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja que também são do tipo longo fino.

Tabela 18. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre o grau de polimento dos grãos de arroz.

Tratamento	Grau de polimento (%)
Cultivares (C)	
BRS Primavera	8,95 ^{A}
BRS Sertaneja	8,70 ^{A}
Épocas de colheita (E)	
30 DAF	8,69 ^{A}
47 DAF	8,97 ^{A}
Tipo de processamento (T)	
Polido	10,51 ^{A}
Parboilizado polido	7,15 ^{B}
Interações	
CxE	0,0293*
CxT	0,0044*
CxExT	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Para os resultados quanto ao grau de polimento dos tratamentos de arroz parboilizado polido, percebe-se uma diferença significativa ($P \leq 0,05$) em relação ao polido. Em pesquisa realizada com arroz parboilizado polido por Lamberts et al. (2006b), foi encontrado resultado de grau de polimento de 8,6% para a cultivar Puntal, também do tipo longo fino. Este resultado foi próximo aos encontrados para os tratamentos das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, que foram, em média, 7,15%. Os grãos de arroz parboilizado polido possuem menor grau de polimento, pois são mais difíceis de serem polidos. Durante a gelatinização, na autoclavagem, ocorre uma maior aderência do farelo à cariopse amilácea, reduzindo o percentual de farelo removido (AMATO; ELIAS, 2005).

Mesmo havendo interação significativa ($P \leq 0,05$) entre cultivar e época de colheita para os resultados médios do arroz polido e parboilizado polido, com o desdobramento apresentado na Tabela 19, observa-se o mesmo comportamento entre os tratamentos ($P > 0,05$), o que significa dizer que as cultivares não se diferenciaram dentro de uma mesma época de colheita, e as épocas de colheita não se diferenciaram dentro de uma mesma cultivar.

Tabela 19. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e época de colheita sobre o grau de polimento dos grãos de arroz.[1]

DAF	Grau de polimento (%)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja
30	9,12±1,48 ^{Aa}	8,27±1,83 ^{Aa}
47	8,79±1,61 ^{Aa}	9,14±2,82 ^{Aa}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

Em relação à interação significativa ($P \leq 0,05$) entre cultivar e tipo de processamento, o desdobramento está apresentado na Tabela 20.

Tabela 20. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre o grau de polimento dos grãos de arroz.[1]

TIPO	Grau de polimento (%)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja
PO	10,22±0,96 ^{Aa}	10,80±1,02 ^{Aa}
PB	7,69±0,35 ^{Ba}	6,61±0,44 ^{Bb}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Pelos resultados apresentados, nota-se que, dentro do grupo do tipo polido, as cultivares não se diferenciaram ($P > 0,05$), enquanto que, no grupo do tipo parboilizado, a BRS Primavera apresentou o maior grau de polimento. Segundo Mohapatra e Bal (2007), as diferenças no grau de polimento entre as cultivares podem ser explicadas pela dureza e forma dos grãos, sendo que alguns podem se apresentar com superfícies onduladas, sendo mais difícil de ser retirado o farelo. Essas diferenças, segundo Lamberts et al. (2007) podem ter relação com as diferenças apresentadas na cor, composição nutricional e, segundo Mohapatra e Bal (2006); Mohapatra e Bal (2007), nos aspectos de cocção.

5.3.4 Índice de defeitos

Foram determinados os índices de manchados e picados para os grãos de arroz polido e parboilizado polido, e o índice de grãos danificados e pretos e GNG para o arroz parboilizado polido. O efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e a interação entre cultivar e época, sobre a concentração de manchados e picados dos grãos de arroz polido encontra-se na Tabela 21.

Tabela 21. Efeito de diferentes cultivares e épocas de colheita sobre a concentração de manchados e picados dos grãos de arroz polido.

Tratamento	Manchados e picados (%)
Cultivares (C)	
BRS Primavera	6,00 ^{A}
BRS Sertaneja	5,83 ^{A}
Épocas de colheita (E)	
30 DAF	4,17 ^{B}
47 DAF	7,67 ^{A}
Interação	
CxE	0,0320*

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Verificou-se que houve interação significativa entre cultivar e época de colheita, confirmando a relação de dependência entre os dois fatores. As cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja apresentaram valores de manchados e picados similares ($P \leq 0,05$), porém, verificou-se uma quantidade maior de grãos manchados e picados para as cultivares colhidas aos 47 DAF. O desdobramento da interação (Tabela 22) foi realizado para verificar o comportamento de cada cultivar dentro de cada época, e vice-versa.

Entre os grãos de arroz polido, a cultivar BRS Primavera colhida aos 47 DAF obteve o maior percentual de grãos manchados e picados, porém, não se diferenciou da cultivar BRS Sertaneja colhida na mesma época. De acordo com Silva e Fonseca (2006), quando a colheita dos grãos é tardia, estes ficam mais sujeitos aos ataques de insetos, o que pode aumentar o índice de manchas e imperfeições. Castro et al. (1999) também afirmam que, além das pragas dos grãos armazenados, que afetam a qualidade do produto, os percevejos das panículas são, no campo, os principais causadores de defeitos. Durante a fase de enchimento de espiguetas, provocam aumento no percentual de espiguetas vazias ou grãos de baixo peso (meia grana). Quando o ataque ocorre na fase final do desenvolvimento dos grãos, além do aparecimento de manchas escuras na casca provocam também manchas opacas (gessadas) no endosperma, em volta das perfurações causadas pelas picadas. A medida que os grãos permanecem no campo mais tempo, há maior exposição aos fungos que causam estas manchas.

Tabela 22. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e época de colheita sobre a concentração de manchados e picados dos grãos de arroz polido.[1]

DAF	Manchados e picados (%)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja
30	3,33±0,58 ^{Ba}	5,00±2,00 ^{Aa}
47	8,67±1,15 ^{Aa}	6,67±0,58 ^{Aa}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

Sendo o limite máximo de tolerância permitido pela Portaria 269 do Ministério da Agricultura, para efeito de enquadramento em tipo, de 12% de grãos manchados e picados para o arroz polido (BRASIL, 1989), as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja colhidas aos 30 e 47 DAF, possuem valores que estão dentro do limite estabelecido. De acordo com a Instrução Normativa nº 6 (BRASIL, 2009), que irá substituir a Portaria 269 em março de 2010, o percentual de grãos manchados e picados da cultivar BRS Primavera colhida aos 30 DAF corresponde ao tipo 2, e quando colhida aos 47 DAF, cai para o Tipo 5, envidenciando que a colheita realizada mais tarde diminui a qualidade dos grãos de arroz.

Comparando os resultados do percentual de manchados e picados entre os tratamentos de arroz polido e parboilizado polido (Tabela 23), verifica-se que as cultivares também não apresentaram diferenças entre si ($P > 0,05$), e as diferentes épocas continuaram apresentando diferenças ($P \leq 0,05$), sendo as cultivares colhidas aos 47 DAF pertencentes ao maior percentual de grãos manchados e picados. Não houve distribuição normal dos valores, portanto, não permite afirmar com exatidão, que efetivamente tenha havido interação entre cultivar e tipo de processamento, ou a diferença significativa entre os tratamentos.

Para análise apenas entre os tratamentos parboilizados, estudou-se o efeito das duas cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre o percentual de manchados e picados e também de grãos danificados e pretos (Tabela 24). Analisando a dependência entre os fatores, observa-se que não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre cultivar, época de colheita e teor de umidade, para os resultados do grupo parboilizado, indicando que não houve dependência entre estes. A cultivar BRS Sertaneja apresentou-se com o maior percentual de grãos manchados e picados em relação à cultivar BRS Primavera ($P \leq 0,05$). A época de colheita também influenciou nos resultados do grupo parboilizado, sendo as cultivares colhidas aos 47 DAF pertencentes ao maior percentual de grãos manchados e picados. O teor de umidade não influenciou, pois tanto os grãos com absorção de 28% de umidade, quanto os grãos com absorção de 30%, apresentaram resultados semelhantes ($P > 0,05$).

Tabela 23. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipos de processamento sobre a concentração de manchados e picados dos grãos de arroz.

Tratamento	Manchados e picados (%)
Cultivares (C)	
BRS Primavera	5,16 [A]
BRS Sertaneja	6,17 [A]
Épocas de colheita (E)	
30 DAF	3,88 [B]
47 DAF	7,45 [A]
Tipo de processamento (T)	
Polido	5,92 [A]
Parboilizado polido	5,42 [A]
Interações	
CxE	NS
CxT	0,0340**
CxExT	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
** Sem distribuição normal; NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Tabela 24. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre a concentração de manchados e picados, danificados e pretos de arroz parboilizado.

Tratamento	Manchados e picados (%)	Danificados (%)	Pretos
Cultivares (C)			
BRS Primavera	4,32 [B]	8,26 [A]	0,07 [A]
BRS Sertaneja	6,51 [A]	4,42 [B]	0,07 [A]
Épocas de colheita (E)			
30 DAF	3,60 [B]	5,68 [A]	0,00 [B]
47 DAF	7,23 [A]	7,00 [A]	0,13 [A]
Teores de umidade (U)			
28%	5,32 [A]	5,82 [A]	0,08 [A]
30%	5,52 [A]	6,86 [A]	0,05 [A]
Interações			
CxE	NS	NS	NS
CxU	NS	NS	NS
CxExU	NS	NS	NS

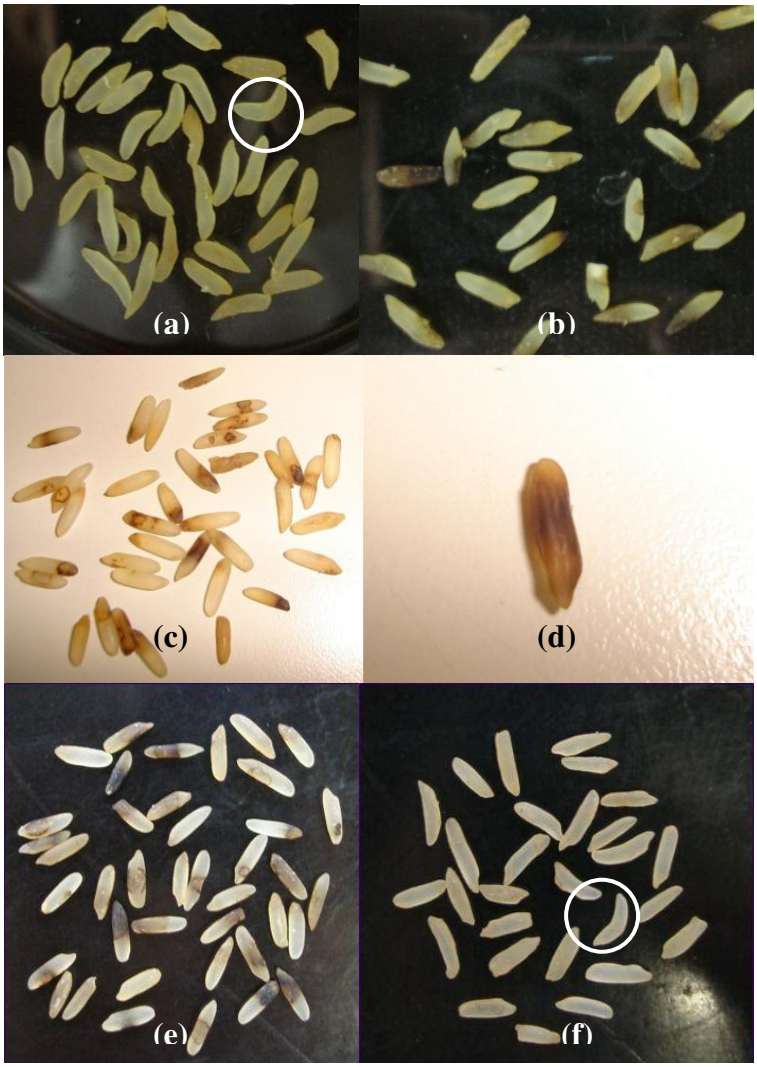
Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Sendo o limite máximo de tolerância permitido pela Portaria 269 do Ministério da Agricultura, para efeito de enquadramento em tipo, de 5% de grãos manchados e picados para o arroz parboilizado (BRASIL, 1989), os tratamentos cuja colheita foi realizada aos 47 DAF, estariam classificados como "abaixo do padrão". Os grãos manchados e picados são apresentados no arroz parboilizado pela presença de pigmentos escuros, e podem ser observados pelas Figuras 12b, 12c e 12e.

Para os resultados de grãos danificados, a única diferença observada foi entre as cultivares ($P \leq 0,05$), sendo que os menores valores foram obtidos para a cultivar BRS Sertaneja, independente da época de colheita ou do teor de umidade adquirido no encharcamento, indicando que no aspecto de percentual de danificados, a cultivar BRS Sertaneja apresenta a melhor performance. Os grãos danificados se apresentam com formato disforme causado possivelmente pelo seu extravasamento da cariopse durante a gelatinização (Figura 12a e 12f).

Os grãos pretos apresentaram o menor percentual em relação aos demais defeitos. Este defeito, de acordo com Elias et al. (2001) pode ser de natureza biológica, e os pesquisadores Fagundes, Elias e Barbosa (2005) também afirmam que a presença de grãos pretos ocorre por evolução do processo deteriorativo que se intensifica durante a fase de encharcamento na parboilização. Essa característica pode ser observada no grão de arroz apresentado na Figura 12d.

Os valores para grãos pretos, inferiores a 0,2%, em todas as avaliações para as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, indicam que foram boas as condições de parboilização. Resultados semelhantes, também inferiores a 0,2%, foram encontrados por Fagundes, Elias e Barbosa (2005), estudando as condições da parboilização da cultivar IRGA 416, enquanto que em pesquisa realizada com a cultivar Chuí, por Elias et al. (2001) foi detectada a presença de grãos pretos acima de 1,0%.



(a) Grãos danificados e (b) manchados e picados da BRS Primavera colhida aos 47 dias após o florescimento (DAF) com 30 % de umidade no encharcamento; (c) e (e) manchados e picados, (d) preto e (f) danificados da cultivar BRS Sertaneja colhida aos 47 DAF com 30 % de umidade absorvida no encharcamento.

Figura 12. Defeitos nos grãos de arroz parboilizado.

Outro defeito estudado nos grãos de arroz parboilizado é a concentração de grãos não gelatinizados. O efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita, teor de umidade e as possíveis interações significativas entre esses fatores sobre o percentual de grãos não gelatinizados em diferentes faixas no arroz parboilizado encontra-se na Tabela 25.

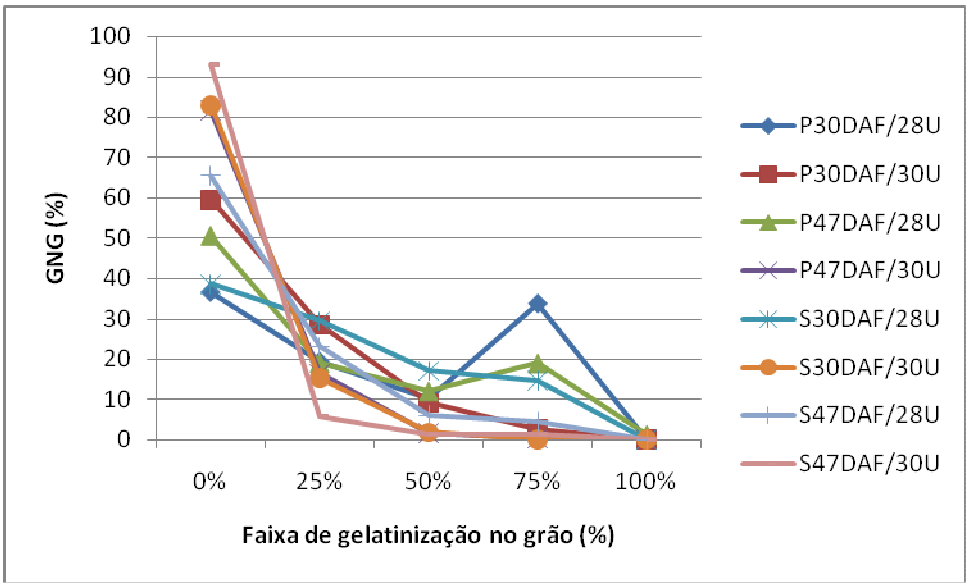
Tabela 25. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre a concentração de grãos não gelatinizados (GNG) de arroz parboilizado.

Tratamento	0% GNG	25% GNG	50% GNG	75% GNG	100% GNG
Cultivares (C)					
BRS Primavera	57,10 ^{B}	20,87 ^{A}	8,23 ^{A}	13,90 ^{A}	0,33 ^{A}
BRS Sertaneja	70,03 ^{A}	18,43 ^{A}	6,53 ^{A}	5,13 ^{B}	0,00 ^{A}
Épocas de colheita (E)					
30 DAF	54,47 ^{B}	23,20 ^{A}	9,57 ^{A}	12,73 ^{A}	0,03 ^{A}
47 DAF	72,67 ^{A}	16,10 ^{B}	5,20 ^{B}	6,30 ^{A}	0,30 ^{A}
Teores de umidade (U)					
28%	47,83 ^{B}	22,77 ^{A}	11,30 ^{A}	17,97 ^{A}	0,33 ^{A}
30%	79,30 ^{A}	16,53 ^{A}	3,47 ^{B}	1,07 ^{B}	0,00 ^{A}
Interações					
CxE	NS	NS	NS	NS	NS
CxU	NS	0,0110*	NS	0,0434*	NS
CxExU	0,0155*	NS	0,0013*	NS	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Os dados apresentados foram sequenciais e interdependentes. O grau de gelatinização varia de zero a 100%. A faixa de 0% de GNG significa que o grão foi completamente gelatinizado, e a medida que aumenta a faixa, a presença de partes opacas do grão também aumenta. Sendo assim, a faixa de 100% de GNG é a faixa que apresenta grãos completamente opacos. Houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre cultivar e teor de umidade para os tratamentos que adquiriram 25 e 75% de GNG. Para as faixas de 0 e 50% de GNG houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre cultivar, época de colheita e teor de umidade. A análise estatística foi realizada observando-se todas as interações possíveis, mas a discussão se concentra em cada tratamento, apresentado na Figura 13.

Para a faixa de 0% de GNG, a BRS Primavera e BRS Sertaneja colhidas aos 47 DAF com 30% de umidade adquirida no encharcamento apresentaram os melhores resultados, que foram de 81,60 e 92,93%, respectivamente. Essa melhora pode ser devido à maior absorção de umidade no encharcamento. Percebe-se que, a BRS Primavera apresenta maiores índices de GNG, nas faixas de 50 e 75% de GNG, quando os grãos absorvem 28% de umidade durante o encharcamento. Se a umidade aumenta para 30%, o índice de GNG diminui ($P \leq 0,05$), independente da época de colheita. O mesmo ocorre com a cultivar BRS Sertaneja, quando os grãos absorvem 28% e 30% de umidade.



GNG = grão não gelatinizado; P = BRS Primavera; S = BRS Sertaneja; DAF = dia após o florescimento; U = teor de umidade adquirido no encharcamento.

Figura 13. Concentração de grãos não gelatinizados (GNG) em diferentes faixas nos grãos de arroz parboilizado polido.

Os resultados para GNG, em todas as faixas, são influenciados pela umidade absorvida no encharcamento, cujo objetivo é preparar o arroz para a gelatinização. Entretanto, para a cultivar BRS Sertaneja, na faixa de 25% de GNG, os resultados foram contraditórios, ou seja, na absorção de 30% de umidade, a concentração de grãos na faixa de 25% de GNG foi menor. O melhor resultado foi obtido para a cultivar BRS Sertaneja colhida aos 47 DAF com 30% de umidade, pois obteve 92,93% dos grãos presentes na faixa de 0% de GNG, ou seja, quase todos os grãos avaliados apresentaram-se translúcidos sob a placa de luz polarizada (Figura 14).

Figura 14. Grãos da cultivar BRS Sertaneja colhida aos 47 dias após o florescimento, com 30% de umidade absorvida no encharcamento, e 0% de GNG.

Resultado semelhante foi observado por Helbig et al. (2007), que obtiveram 92% de grãos gelatinizados de cultivares do tipo "grão curto" encharcadas também por um período de 7 h, porém a uma temperatura de 70 °C. Segundo estes mesmos autores, quanto maior a umidade no centro do grão e com o máximo de uniformidade possível, maior será a translucidez do grão, o que aumenta o rendimento industrial para o arroz parboilizado. Outros fatores também podem estar envolvidos, como por exemplo, características físicas de cada cultivar e as condições de cultivo dos grãos.

5.3.5 Análise de cor

Os resultados da análise de cor por meio das escalas *L**, *a** e *b** para os grãos de arroz parboilizado polido das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas aos 30 e 47 DAF, com teores de umidade de 28 e 30%, e as possíveis interações significativas ($P \leq 0,05$) entre os fatores estão apresentados na Tabela 26.

Tabela 26. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e teores de umidade sobre a cor do arroz parboilizado representada pelas escalas *L**, *a** e *b**.

Tratamento	***L****	***a****	***b****
Cultivares (C)			
BRS Primavera	61,60 ^{A}	2,93 ^{A}	20,90 ^{A}
BRS Sertaneja	58,67 ^{B}	3,09 ^{A}	19,98 ^{B}
Épocas de colheita (E)			
30 DAF	61,06 ^{A}	2,92 ^{A}	21,00 ^{A}
47 DAF	59,21 ^{B}	3,11 ^{A}	19,89 ^{B}
Teores de umidade (U)			
28%	60,80 ^{A}	2,93 ^{A}	20,46 ^{A}
30%	59,47 ^{A}	3,09 ^{A}	20,42 ^{A}
Interações			
CxE	NS	NS	NS
CxU	NS	NS	NS
CxExU	NS	NS	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Em relação às possíveis interações entre os fatores, essas não foram significativas ($P > 0,05$). Para a escala *L**, que é uma indicação da luminosidade ou de quanto uma amostra é clara (GOOD, 2002), entre os tratamentos de arroz parboilizado, a cultivar BRS Primavera se

apresentou mais clara que a cultivar BRS Sertaneja ($P \leq 0,05$). Entre as duas épocas de colheita, as cultivares colhidas até 30 DAF obtiveram as cores mais claras também, enquanto que, para os teores de umidade, não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) para o mesmo parâmetro de cor.

Os resultados semelhantes apresentados para o efeito de teor de umidade indicam que o menor (28%) ou maior (30%) teor de umidade adquirido na etapa de encharcamento, ou a maior permanência dos grãos em contato com a água durante essa etapa, não ocasionou o escurecimento destes. Em trabalhos desenvolvidos por Lamberts et al. (2006a), o tempo de encharcamento também não foi a causa de escurecimento dos grãos para a cultivar Puntal. Houve uma diminuição na cor, pois os valores de L^* variaram de 87,2 a 88,7 ($P \leq 0,05$) quanto maior foi o tempo de encharcamento (de 10 min a 5 h). A possível causa foi a perda de compostos presentes nos grãos para a água de encharcamento.

No encharcamento das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja observou-se que a água de encharcamento apresentava-se com coloração amarelada após esta etapa, além disso, os grãos que foram apenas encharcados apresentaram-se visivelmente mais claros. A diferença de cor entre os grãos nas diferentes etapas da parboilização pode ser observada na Figura 15 para a cultivar BRS Primavera e na Figura 16 para a cultivar BRS Sertaneja.

BRS Primavera colhida aos 30 dias após o florescimento com 30 % de absorção de água: (a) polido; (b) encharcados; (c) grãos parboilizados

Figura 15. Grãos da cultivar BRS Primavera em diferentes etapas de processamento.

BRS Sertaneja colhida aos 30 dias após o florescimento com 30 % de absorção de água: (a) polido; (b) encharcados; (c) grãos parboilizados

Figura 16. Grãos da cultivar BRS Sertaneja em diferentes etapas de processamento.

Em outra pesquisa, Lamberts et al. (2006b) relataram que a causa do escurecimento foram as condições utilizadas na etapa de autoclavagem, e não no encharcamento. A cultivar estudada (Puntal) apresentou um decréscimo no valor de *L** (73,3 a 62,4) quando se realizou um encharcamento constante de 10 min a 80 ºC e as condições na vaporização variando de 10 min a 105 ºC a 17 min a 120 ºC.

Para a escala *a** (Tabela 26), que representa a tonalidade que varia do verde ao vermelho no espectro de luz (GOOD, 2002), não houve diferenças significativas entre todos os fatores estudados, o que, consequentemente, não ocasionou interações significativas entre estes ($P > 0,05$). Entre os resultados da escala *b**, representada pela variação de tonalidade do azul ao amarelo (GOOD, 2002), as diferenças entre cultivares e entre as épocas de colheita foram significativas ($P \leq 0,05$), e em relação ao teor de umidade não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$). Mesmo com algumas diferenças numéricas apresentadas, os resultados para esta escala de cor não mostraram interações significativas entre os fatores estudados ($P > 0,05$) para os tratamentos do grupo parboilizado.

Ao se compararem os tratamentos parboilizados com os polidos (Tabela 27), nota-se que as interações entre cultivar e época e entre cultivar e tipo foram significativas ($P \leq 0,05$) para os resultados das escalas de *L** e *b**.

Tabela 27. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre a cor do arroz representada pelas escalas *L**, *a** e *b**.

Tratamento	***L****	***a****	***b****
Cultivares (C)			
BRS Primavera	67,33 ^{A}	1,48 ^{A}	17,55 ^{A}
BRS Sertaneja	65,60 ^{B}	1,40 ^{A}	16,20 ^{B}
Épocas de colheita (E)			
30 DAF	66,42 ^{A}	1,28 ^{B}	17,07 ^{A}
47 DAF	66,51 ^{A}	1,60 ^{A}	16,67 ^{B}
Tipo de processamento (T)			
Polido	72,79 ^{A}	0,13 ^{B}	13,30 ^{B}
Parboilizado polido	60,14 ^{B}	3,01 ^{A}	20,44 ^{A}
Interações			
CxE	0,0203*	NS	0,0007*
CxT	0,0065*	NS	<0,0001*
CxExT	NS	NS	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Para a escala *a**, apesar de apresentar diferenças entre as cultivares colhidas em diferentes épocas, as interações não foram significativas ($P > 0,05$). Muitos trabalhos relatam a influência das condições da parboilização no escurecimento dos grãos de arroz (BHATTACHARYA; SUBBA RAO, 1966; DILLAHUNTY; SIEBENMORGEN; MAUROMOUSTAKOS, 2001; LAMBERTS et al., 2006a; LAMBERTS et al., 2006b; LAMBERTS et al., 2008). Nas Tabelas 28 e 29 são expressos os resultados do desdobramento das interações significativas.

Tabela 28. Desdobramento das interações positivas entre cultivar e época de colheita sobre a cor do arroz representada pelas escalas *L** e *b**.[1]

DAF	*L**		*b**	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	BRS Primavera	BRS Sertaneja
30	67,78±5,45 ^{Aa}	65,06±6,37 ^{Aa}	17,91±4,05 ^{Aa}	16,22±4,56 ^{Aa}
47	66,89± 7,27^{Aa}	66,13±8,83 ^{Aa}	17,18±3,31 ^{Aa}	16,17±3,74 ^{Aa}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes para cada variável se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

Nota-se que mesmo com as interações, as cultivares apresentam o mesmo comportamento quando colhidas aos 30 ou 47 DAF, em relação aos resultados das escalas *L** e *b**. Ou seja, o fato das cultivares serem colhidas nestas duas épocas diferentes não resulta em mudanças no escurecimento dos grãos parboilizados ou, mais especificamente, no amarelamento destes.

Tabela 29. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre cor do arroz representada pelas escalas *L** e *b**.[1]

TIPO	*L**		*b**	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	BRS Primavera	BRS Sertaneja
PO	73,06±0,40 ^{Aa}	72,52±1,85 ^{Aa}	14,19±0,07 ^{Ba}	12,41±0,39 ^{Bb}
PB	61,60±2,02 ^{Ba}	58,68±0,94 ^{Ab}	20,91±0,81 ^{Aa}	19,98±0,49 ^{Ab}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes para cada variável se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Pelos resultados apresentados (Tabela 29), percebe-se que a parboilização causou o escurecimento para a cultivar BRS Primavera, não sendo significativo ($P > 0,05$) para a cultivar BRS Sertaneja, e causou também o amarelamento dos grãos para as duas cultivares ($P \leq 0,05$).

Para Amato, Carvalho e Silveira Filho (2002); Lamberts et al. (2008), uma das principais causas do escurecimento e amarelamento dos grãos de arroz na etapa de vaporização é a reação de Maillard, que envolve grupos carbonila de açúcares redutores e grupos de aminoácidos (principalmente lisina), peptídeos, ou proteínas. Para Fitzgerald et al. (2000), outro fator ligado ao escurecimento é a migração de pigmentos presentes na casca e no farelo do grão de arroz, durante a parboilização.

5.3.6 Análise Viscoamilográfica

A análise de RVA é uma ferramenta importante no estudo da viscosidade de produtos fonte de amido. No caso específico de grãos de arroz, essa gera informações importantes a cerca das propriedades de cocção, relacionando-se com aspectos de textura e coesividade (FITZGERALD et al., 2003). Os resultados da análise viscoamilográfica para os grãos de arroz das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas aos 30 e 47 DAF, do tipo polido e parboilizado, e as possíveis interações significativas ($P \leq 0,05$) entre esses fatores estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipos de processamento sobre a análise viscoamilográfica do arroz.

Tratamento	Visc. Pico (cP)	*Breakdown* (cP)	Vis. Final (cP)	*Setback* (cP)
Cultivares (C)				
BRS Primavera	1289,92 ^{A}	497,83 ^{A}	1663,58 ^{A}	373,67 ^{A}
BRS Sertaneja	1237,29 ^{A}	506,21 ^{A}	1500,88 ^{B}	263,58 ^{B}
Épocas (E)				
30 DAF	1228,79 ^{B}	462,67 ^{B}	1562,04 ^{A}	333,25 ^{A}
47 DAF	1298,42 ^{A}	541,37 ^{A}	1602,42 ^{A}	304,00 ^{A}
Tipo (T)				
Polido	2256,50 ^{A}	1004,87 ^{A}	2783,50 ^{A}	527,00 ^{A}
Parboilizado	270,71 ^{B}	-0,83 ^{B}	380,96 ^{B}	110,25 ^{B}
Interações				
CxE	0,0159*	0,0218*	0,0102*	NS
CxT	NS	NS	NS	0,0036*
CxExT	NS	0,0115*	NS	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Houve interações significativas ($P \leq 0,05$) para a viscosidade no pico, *breakdown* e viscosidade final entre cultivar e época de colheita, para *breakdown* houve interação tripla, e para *setback* entre cultivar e tipo de processamento. Os resultados de RVA apresentaram

diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre os tipos de processamento de arroz polido e parboilizado polido para todos os parâmetros analisados. De acordo com Gularte et al. (2005), a menor viscosidade no arroz parboilizado decorre da gelatinização do amido dos grãos de arroz, que começa na operação de encharcamento e se completa na autoclavagem. Após a gelatinização, nas operações de secagem ocorre a retrogradação do amido. Nesse processo irreversível, a amilose forma um complexo, onde se torna indisponível para retrogradar, afetando as características viscoamilográficas do amido. Os pesquisadores Zanão et al. (2009), estudando a viscosidade da pasta de arroz irradiado, acrescentam que a redução da viscosidade possivelmente seja devido à redução do peso molecular das macromoléculas que compõem o amido.

Entre as cultivares estudadas, a BRS Primavera apresentou maior viscosidade final e maiores valores de *setback* ($P \leq 0,05$), indicando que esta cultivar pode se apresentar mais firme que a outra após a cocção. Segundo Ong e Blanshard (1995b); Wu et al. (2002) e Soponronnarit et al. (2008), os valores de *setback* relacionam-se com a maior tendência a retrogradação, e provavelmente, valores mais altos também indicam textura do arroz cozido mais firme. No entanto, os autores Champagne et al. (1999) não encontraram uma correlação significativa entre a textura do arroz cozido pelo perfil sensorial e os valores de *setback* da análise de RVA.

Enre as duas épocas de colheita, observam-se menores valores ($P \leq 0,05$) de viscosidade de pico e *breakdown* (diferença entre a viscosidade máxima e mínima) para as cultivares colhidas aos 30 DAF, sugerindo que as cultivares colhidas aos 47 DAF possuem estrutura de amido mais resistente ao rompimento, necessitando de mais água para o intumescimento máximo dos grânulos de amido. Em pesquisa realizada por Champagne et al. (2005), com a cultivar M-202, colhida em DAF diferentes, os valores de *breakdown* influenciaram significativamente ($P \leq 0,05$) nos resultados, indicando menores valores para as colheitas precoces, resultados semelhantes aos encontrados neste estudo. Foram detectados também, maiores valores de *setback* para as amostras colhidas precocemente. Com os resultados apresentados na Tabela 30, os valores de *setback* também foram maiores para as cultivares colhidas na primeira época (30 DAF), mas não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$).

Nas Tabelas 31 e 32 estão apresentados os desdobramentos das interações significativas entre cultivar e época, e cultivar, tipo e época, respectivamente. Apesar das interações apresentadas para os parâmetros de viscosidade de pico e viscosidade final entre

cultivar e época, com o desdobramento (Tabela 31), as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja colhidas aos 30 e 47 DAF não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$).

Tabela 31. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre os resultados da viscosidade no pico e viscosidade final de arroz.[1]

DAF	Viscosidade no pico (cP)		Viscosidade Final (cP)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	BRS Primavera	BRS Sertaneja
30	1290,20±1074,94 ^{Aa}	1167,40±1033,37 ^{Aa}	1695,70±1358,96 ^{Aa}	1428,40±1229,54 ^{Aa}
47	1289,70±1101,16 ^{Aa}	1307,20±1147,09 ^{Aa}	1631,50±1362,27 ^{Aa}	1573,30±1322,15 ^{Aa}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes para cada variável se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Os resultados apresentados pela Tabela 32 confirmam os resultados apresentados anteriormente em pesquisa realizada pelos pesquisadores Champagne et al. (2005). Percebe-se que os valores de *breakdown* também são menores ($P \leq 0,05$) para os tratamentos de arroz parboilizado.

Tabela 32. Desdobramento das interações positivas entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado polido (PB) sobre os resultados de *Breakdown* de arroz.[1]

DAF/Tipo	***Breakdown***	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja
30/PO	940,00±4,00 ^{Ba}	915,00±18,00 ^{Ba}
30/PB	-2,67±1,04 ^{Ca}	-1,67±1,04 ^{Ca}
47/PO	1051,50±10,50 ^{Ab}	1113,00±51,00 ^{Aa}
47/PB	2,50±5,89 ^{Ca}	-1,50±1,00 ^{Cb}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

5.4 ANÁLISES QUÍMICAS DOS GRÃOS DE ARROZ

As análises químicas, compreendidas pela determinação da composição centesimal, análise de minerais, faixa de temperatura de gelatinização e teor de amilose, estão relacionadas com a qualidade nutricional e físico-química do arroz. Para estas análises também foi realizada análise de variância preliminar para encontrar possíveis interações entre os fatores cultivar e época de colheita para os grãos polidos interações entre os tipos de arroz polido e parboilizado polido. Após a análise de variância, determinou-se o desdobramento das possíveis interações, objetivando-se saber o efeito da dependência entre os fatores estudados.

5.4.1 Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal para os grãos de arroz das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas aos 30 e 47 DAF, do tipo polido e parboilizado polido, e as possíveis interações significativas ($P \leq 0,05$) entre esses fatores estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 33. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre a composição centesimal de arroz[1].

Tratamento	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)	Fibra bruta (%)	Carboidratos (%)
Cultivares (C)						
BRS Primavera	10,83 ^{A}	8,83 ^{A}	0,48 ^{A}	0,53 ^{A}	0,29 ^{B}	81,63 ^{B}
BRS Sertaneja	11,17 ^{A}	7,81 ^{B}	0,44 ^{A}	0,49 ^{A}	0,32 ^{A}	83,09 ^{A}
Épocas de colheita (E)						
30 DAF	10,88 ^{A}	8,71 ^{A}	0,42 ^{B}	0,50 ^{A}	0,30 ^{A}	82,90 ^{A}
47 DAF	11,12 ^{A}	7,94 ^{B}	0,49 ^{A}	0,53 ^{A}	0,31 ^{A}	81,82 ^{B}
Tipos de processamento (T)						
Polido	11,65 ^{A}	8,44 ^{A}	0,29 ^{B}	0,31 ^{B}	0,20 ^{B}	85,00 ^{A}
Parboilizado	10,34 ^{B}	8,20 ^{A}	0,63 ^{A}	0,71 ^{A}	0,40 ^{A}	79,72 ^{A}
Interações						
CxE	NS	0,0012*	0,0002*	NS	NS	0,0007*
CxT	<0,0001*	NS	0,0319*	NS	0,0224*	NS
CxExT	NS	NS	0,0319*	NS	NS	0,0180*

[1] Valores apresentados em base seca, exceto para teor de umidade;
Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

As diferenças significativas encontradas para alguns constituintes nos tratamentos estudados levaram às interações significativas ($P \leq 0,05$) entre cultivar e época de colheita para os teores de proteína, lipídios e carboidratos, e entre cultivar e tipo de processamento para os teores de umidade, lipídios e fibra bruta, e ainda uma interação tripla para os teores de lipídios e carboidratos. Os resultados apresentados mostram que as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja se diferenciaram significativamente ($P \leq 0,05$) no teor de proteína, fibra bruta e carboidratos. A cultivar BRS Primavera obteve a maior quantidade de proteína, enquanto que, para os teores de fibra bruta e carboidratos, a BRS Sertaneja apresentou-se com maiores teores. Em relação às duas épocas de colheita, as cultivares que foram colhidas aos 30 DAF, apresentaram maiores valores para proteína e carboidratos, e menor valor para lipídios ($P \leq 0,05$).

Maiores diferenças ($P > 0,05$) foram detectadas entre os tipos de processamento, sendo que, apenas no teor de proteína e carboidratos não houve aumento significativo para os tratamentos parboilizados. Amato, Carvalho e Silveira (2002) mencionaram a dificuldade de migração das proteínas, devido ao tamanho das moléculas, e a dificuldade na sua solubilização, porém este aspecto pode ser resolvido pelo maior tempo no processo de parboilização, conforme demonstrado em pesquisa realizada por Dors, Pinto e Badiale-Furlong (2009), estudando a composição centesimal da cultivar Taim parboilizada em diferentes condições de encharcamento e autoclavagem.

Em relação ao aumento nos teores dos outros constituintes estudados, o mesmo aumento nas quantidades de cinzas e lipídios após a parboilização foram encontrados por Gularte et al. (2005) em pesquisa com várias cultivares de arroz. Este fato pode ser devido à migração de componentes das camadas periféricas para o interior dos grãos, o que aumenta os teores de seus constituintes (ZHOU et al., 2002). Para os teores de cinzas no arroz parboilizado, foi encontrado 0,66% por Dors, Pinto e Badiale-Furlong (2009), e 0,67% por Storck, Silva e Comarella (2005).

Em relação aos resultados para os tratamentos de arroz polido, estes estão de acordo com os apresentados pelos pesquisadores Dors, Pinto e Badiale-Furlong (2009), para o teor de umidade de 12,71%, e segundo Storck, Silva e Comarella (2005), para o teor de cinzas (0,30%).

Com o desdobramento das interações (Tabela 34), percebe-se que, o teor de proteína da maioria dos tratamentos avaliados, tanto para o arroz parboilizado quanto para o arroz polido pode ser considerado alto, já que este apresenta-se no grão de arroz em torno de 7,5%, de acordo com Kennedy e Burlingame (2003). Outros autores apresentaram resultados de 6,2 a 6,9% (SINGH et al. 1998) e 6,7% (WATT; MERRIL, 1975), para o arroz polido.

Tabela 34. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e época de colheita sobre o teor de proteína de grãos de arroz.[1]

DAF	Proteína (%)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja
30	8,72±0,09 ^{Aa}	8,69±0,12 ^{Aa}
47	8,94±1,21 ^{Aa}	6,94±0,08 ^{Bb}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

Os resultados indicaram que não houve diferença significativa ($P > 0,05$) no teor de proteína entre as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja colhidas aos 30 DAF, enquanto que para a cultivar BRS Sertaneja colhida aos 47 DAF, o teor de proteína foi

significativamente menor ($P \leq 0,05$). O conteúdo protéico do arroz é o menor dentre os principais cereais. Entretanto, a digestibilidade e a qualidade de sua proteína, aliadas a quantidade que é consumida, tornam o arroz uma das principais fontes protéicas em alguns países (JULIANO, 1993).

Em outros trabalhos também foram encontrados resultados considerados altos para proteína, sendo 8,94% de grãos de arroz polido para Storck, Silva e Comarella (2005), 9,45% de grãos de arroz parboilizado, segundo Dors, Pinto e Badiale-Furlong (2009). Kennedy e Burlingame (2003) afirmam que o conteúdo protéico do arroz (grão cru), pode oscilar entre 5 e 13% pelas diferenças varietais. Naves (2007) também afirma que os teores de proteína podem oscilar bastante conforme a variedade do grão, assim como as concentrações de vitaminas do complexo B.

Os resultados apresentados na Tabela 35 evidenciam que, para o teor de umidade, apenas a cultivar BRS Sertaneja apresentou-se com diferenças significativas ($P \leq 0,05$) em relação à mesma cultivar quando parboilizada. Em outros trabalhos encontraram-se valores próximos para o teor de umidade, sendo 11,50% no arroz parboilizado para Dors, Pinto e Badiale-Furlong (2009).

Tabela 35. Desdobramento das interações positivas entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado polido (PB) sobre o teor de umidade e fibra bruta de grãos de arroz.[1]

Tipo	Umidade (%)		Fibra bruta (%)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	BRS Primavera	BRS Sertaneja
PO	11,01±0,18 ^{Ab}	12,29±0,34 ^{Aa}	0,17±0,02 ^{Bb}	0,24±0,01 ^{Ba}
PB	10,65±0,36 ^{Aa}	10,04±0,70 ^{Ba}	0,40±0,04 ^{Aa}	0,40±0,03 ^{Aa}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes para cada variável se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

Para o teor de fibra bruta, as diferenças significativas entre o grupo polido e parboilizado são obtidas para as duas cultivares. Resultados semelhantes no arroz parboilizado foram obtidos por Dors, Pinto e Badiale-Furlong (2009), de 0,44%. Para o arroz polido, os resultados apresentados na Tabela 33 foram menores que o obtido por Watt e Merril (1975), de 0,30%.

É importante salientar que o aumento dos teores de fibras pode resultar da contribuição do amido resistente formado no farelo durante o processo de parboilização (STORCK; SILVA; COMARELLA, 2005). O maior consumo de fibra na dieta tem sido associado à redução na pressão arterial, na concentração de colesterol total, colesterol LDL e

triglicerídeos, e ao controle da glicose sanguínea (BEHALL; SCHOLFIELD; HALLFRISCH, 2006), auxiliando na prevenção e no controle de algumas doenças crônicas.

Os resultados apresentados na Tabela 36 evidenciam a maior quantidade de lipídios nos tratamentos de arroz parboilizados, não diferenciando-se entre as cultivares colhidas aos 30 e 47 DAF.

Tabela 36. Desdobramento das interações positivas entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado polido (PB) sobre o teor de lipídios e carboidratos de grãos de arroz.[1]

DAF/Tipo	Lipídios (%)		Carboidratos (%)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	BRS Primavera	BRS Sertaneja
30/PO	0,28±0,07 ^{Ba}	0,14±0,01 ^{Cb}	87,31±0,38 ^{Aa}	85,78±2,04 ^{Aa}
30/PB	0,71±0,01 ^{Aa}	0,57±0,09 ^{ABa}	78,87±0,45 ^{Ba}	79,65±0,86 ^{Ba}
47/PO	0,29±0,02 ^{Bb}	0,45±0,01 ^{Ba}	81,24±1,66 ^{Bb}	85,69±0,53 ^{Aa}
47/PB	0,63±0,05 ^{Aa}	0,60±0,07 ^{Aa}	79,11±0,40 ^{Bb}	81,25±0,88 ^{Ba}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes para cada variável se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

Resultados semelhantes destes constituintes no arroz foram encontrados por Storck, Silva e Comarella (2005) de 0,69% de lipídios no arroz parboilizado. De acordo com Walter, Marchezan e Ávila (2008), o teor de lipídios no grão também é afetado pelas características genotípicas, o que justifica as diferenças entre as cultivares. Estes autores afirmam que o arroz contém proporção significativa de ácidos graxos insaturados, que possuem papel importante em vários processos fisiológicos e que, por não serem sintetizados pelo organismo humano, devem ser supridos pela alimentação.

O arroz polido contém basicamente carboidratos, em torno de 80% (NAVES, 2007) e 87,58% (STORCK; SILVA; COMARELLA, 2005). Para os resultados apresentados na Tabela 36, o teor de carboidratos foi menor nos tratamentos parboilizados ($P \leq 0,05$), o que pode ser explicado pela maior quantidade dos outros constituintes nestes tratamentos, pois o teor de carboidratos foi determinado pela diferença em relação aos demais constituintes. Além disso, Frei, Siddhuraiu e Becker (2003) afirmam que a concentração de amido no arroz pode variar devido a fatores genéticos e ambientais.

5.4.2 Minerais

Os resultados do conteúdo mineral para os grãos de arroz das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas aos 30 e 47 DAF, do tipo polido e parboilizado polido, e

as possíveis interações significativas ($P \leq 0,05$) entre esses fatores estão apresentados na Tabela 37.

Tabela 37. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre o conteúdo mineral (mg/100g) de arroz.

Tratamento	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn
Cultivares (C)							
BRS Primavera	108,44 ^{B}	291,22 ^{B}	44,19 ^{A}	44,19 ^{A}	0,30 ^{A}	0,90 ^{A}	0,94 ^{A}
BRS Sertaneja	136,91 ^{A}	303,91 ^{A}	43,95 ^{B}	43,95 ^{B}	0,33 ^{A}	1,07 ^{A}	0,97 ^{A}
Épocas de colheita (E)							
30 DAF	113,55 ^{B}	296,62 ^{A}	44,18 ^{A}	44,18 ^{A}	0,32 ^{A}	1,05 ^{A}	0,97 ^{A}
47 DAF	131,81 ^{A}	298,51 ^{A}	43,95 ^{B}	43,95 ^{B}	0,31 ^{A}	0,92 ^{A}	0,95 ^{A}
Tipos de processamento (T)							
Polido	74,64 ^{B}	270,16 ^{B}	44,28 ^{A}	44,28 ^{A}	0,23 ^{B}	0,78 ^{B}	1,00 ^{A}
Parboilizado	170,71 ^{A}	324,98 ^{A}	43,85 ^{B}	43,85 ^{B}	0,40 ^{A}	1,19 ^{A}	0,92 ^{B}
Interações							
CxE	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CxT	NS	NS	0.0050*	0.0050*	0.0002*	0.0057*	0.0006*
CxExT	NS	NS	NS	NS	0.0463*	NS	0.0014*

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; Valores correspondem à média ± desvio-padrão e coeficiente de variação.
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$).

O teor de fósforo e potássio não apresentaram interações significativas ($P > 0,05$) entre os fatores estudados. Para o conteúdo de cálcio e magnésio, o comportamento foi o mesmo para todos os tratamentos, apresentando interações significativas ($P \leq 0,05$) entre cultivar e tipo de processamento. Houve interação tripla significativa ($P \leq 0,05$) para os conteúdos de cobre e zinco e, para o teor de manganês houve interação significativa entre cultivar e tipo de processamento.

Algumas frações minerais estão presentes em maior quantidade nos tratamentos de arroz parboilizado, com exceção do teor de cálcio, magnésio e zinco, que foram maiores nos tratamentos de arroz polido. Resultados semelhantes foram observados por Dernadin et al. (2004), em que os teores de potássio apresentaram aumento após a parboilização, enquanto zinco teve seu teor reduzido. De acordo com Walter, Marchezan e Ávila (2008), o conteúdo mineral é grandemente influenciado pelas condições de cultivo, incluindo fertilização e condições do solo, e pelo processamento. Além do processamento, Itani et al. (2002) afirmam que o genótipo também afeta de forma expressiva o conteúdo de minerais.

Denardin et al (2004) acrescentam que algumas cultivares de arroz podem ser selecionadas em função da presença de teores mais elevados de alguns minerais, a fim de

serem usados em estratégias específicas na prevenção e combate de várias doenças resultantes da ingestão insuficiente desses nutrientes.

Com o desdobramento das interações entre os tipos polido e parboilizado polido (Tabela 38), verifica-se que, o conteúdo de cálcio e magnésio foram semelhantes em todos os tratamentos, sendo assim, o maior valor foi obtido para a cultivar BRS Primavera independente do tipo de processamento e para a BRS Sertaneja polida. Em relação ao conteúdo de manganês, observou-se diferença ($P \leq 0,05$) entre as cultivares parboilizadas, e entre os tipos de processamento para a cultivar BRS Sertaneja, sendo que o maior valor foi obtido para a BRS Sertaneja parboilizada.

Tabela 38. Desdobramento das interações positivas entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado polido (PB) sobre o conteúdo de Ca, Mg e Mn de grãos de arroz.[1]

Tipo	Ca (mg/100g)		Mg (mg/100g)		Mn (mg/100g)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	BRS Primavera	BRS Sertaneja	BRS Primavera	BRS Sertaneja
PO	44,28±0,28 ^{Aa}	44,28±0,15 ^{Aa}	44,28±0,28 ^{Aa}	44,28±0,15 ^{Aa}	0,84±0,33 ^{Aa}	0,72±0,19 ^{Ba}
PB	44,09±0,25 ^{Aa}	43,61±0,17 ^{Bb}	44,09±0,25 ^{Aa}	43,61±0,17 ^{Bb}	0,96±0,23 ^{Ab}	1,42±0,26 ^{Aa}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes para cada variável se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

Com a parboilização, observa-se aumento no conteúdo mineral comparado ao arroz branco polido, relacionado à migração de minerais das camadas externas para o endosperma durante o processo (JULIANO, 1993). Acréscimos no teor de minerais nos grãos de arroz, através da parboilização, mesmo que discretos, podem causar efeitos positivos no combate a desnutrição e manutenção da boa saúde (DERNADIN et al., 2004).

Com o desdobramento das interações triplas (Tabela 39), o teor de cobre foi semelhante ($P \leq 0,05$) para a cultivar BRS Primavera independente da época de colheita e do tipo de processamento, enquanto que, para a cultivar BRS Sertaneja, observou-se que os tratamentos parboilizados diferiram significativamente ($P > 0,05$) dos tratamentos de arroz polido.

A redução do teor de zinco no arroz parboilizado, segundo Dernadin et al. (2004), pode ser explicada pela ocorrência de uma retenção não uniforme de minerais no arroz parboilizado, possivelmente devido à maior ou menor migração e fixação destes em função de variáveis do processo hidrotérmico e pela resistência oferecida ao polimento após a parboilização.

Tabela 39. Desdobramento das interações positivas entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado polido (PB) sobre o conteúdo de Cu e Zn de grãos de arroz.[1]

DAF/Tipo	Cu (mg/100g)		Zinco (mg/100g)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	BRS Primavera	BRS Sertaneja
30/PO	0,29±0,02 ^{Aa}	0,23±0,04 ^{Ba}	1,04±0,01 ^{Aa}	1,07±0,02 ^{Aa}
30/PB	0,36±0,09 ^{Aa}	0,41±0,04 ^{Aa}	0,87±0,02 ^{Ba}	0,91±0,04 ^{BCa}
47/PO	0,25±0,02 ^{Aa}	0,18±0,00 ^{Ba}	1,00±0,03 ^{Aa}	0,89±0,03 ^{Ca}
47/PB	0,30±0,05 ^{Ab}	0,52±0,07 ^{Aa}	0,87±0,07 ^{Bb}	1,03±0,04 ^{ABa}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes para cada variável se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

Heinemann et al. (2004) também encontraram redução no teor de zinco após a parboilização e sugeriram que este fato pode indicar sua difusão para camadas mais externas do grão, sendo após, removidos com o polimento. Agrega-se a essas hipóteses a possibilidade de que tal processo possa desencadear respostas fisiológicas decorrentes do estresse provocado pelo encharcamento sob temperatura de 65 ºC. Este processo, segundo Dernadin et al. (2004), pode causar um aumento da atividade respiratória e enzimática, semelhante ao processo germinativo, o que induz à migração desses minerais para as camadas mais externas do grão, em especial para a aleurona, que é composta predominantemente por enzimas que agem diretamente na resposta a mudanças nos fatores ambientais.

5.4.3 Temperatura de gelatinização

Os resultados da temperatura de gelatinização referentes ao grau de dispersão alcalina para as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas aos 30 e 47 DAF, e as possíveis interações significativas ($P \leq 0,05$) entre esses fatores estão apresentados na Tabela 40.

Tabela 40. Efeito de diferentes cultivares e épocas de colheita sobre a temperatura de gelatinização (TG) do arroz polido.

Tratamento	Grau de dispersão / Faixa de TG
Cultivares (C)	
BRS Primavera	4,38 ^{A} / intermediária
BRS Sertaneja	4,37 ^{A} / intermediária
Épocas de colheita (E)	
30 DAF	4,40 ^{A} / intermediária
47 DAF	4,35 ^{A} / intermediária
Interações	
CxE	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

A interação entre os fatores não foi significativa ($P > 0,05$), indicando que não houve dependência entre cultivar e época de colheita. Todas as amostras apresentaram TG intermediária, faixa de temperatura de gelatinização que varia de 69 a 73 °C, segundo Martinez e Cuevas (1989).

Segundo a testemunha para essa avaliação, a variedade de arroz Bluebonnet 50 (MARTINEZ; CUEVAS, 1989), os grãos de arroz após a reação com a solução alcalina apresentaram-se parcialmente desintegrados e macios ao toque, conservando em parte seu formato original e apresentando outra parte dispersa na solução alcalina (Figura 17b).

A testemunha representada pela variedade de arroz IR 8, que apresenta grau de dispersão entre 6 e 7 (TG baixa), de acordo com Martinéz e Cuevas (1989), teve seus grãos quase totalmente dispersos, sendo difícil definir a sua forma, e em alguns casos permaneceram unicamente os embriões (Figura 17c). A testemunha Colômbia 1 apresentou-se com aspecto de grãos ainda crus e firmes, representando a faixa de TG alta (Figura 17a).

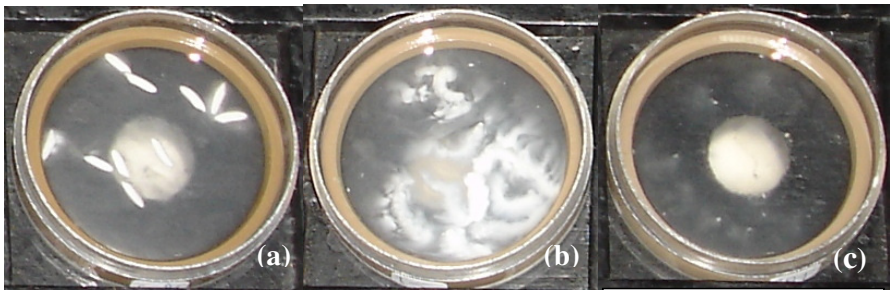
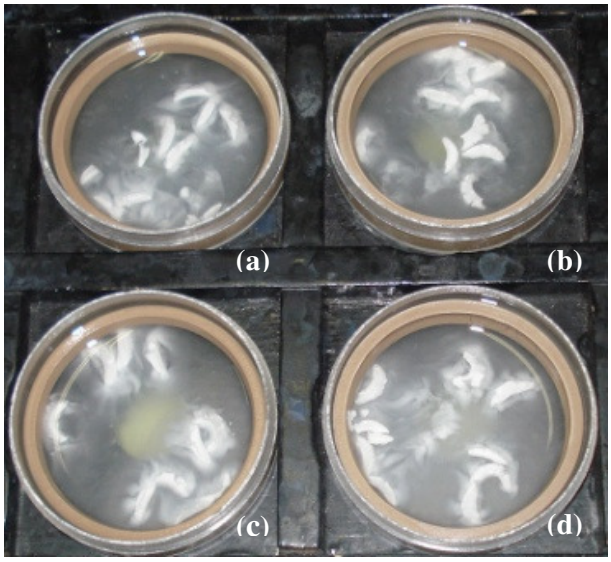


Figura 17. Grãos das testemunhas Colômbia 1 (a), Bluebonnet 50 (b) e IR 8 (c) no teste de temperatura de gelatinização.

As cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja colhidas aos 30 e 47 DAF apresentaram-se com a mesma característica da testemunha representada pela variedade Bluebonnet 50 que também possui a faixa de temperatura de gelatinização intermediária. Sendo assim, os grãos também se apresentaram parcialmente desintegrados e macios ao toque.

Os grãos da cultivar BRS Primavera com 30 e 47 DAF podem ser observados pela Figura 18a e Figura 18b, respectivamente, e os grãos da cultivar BRS Sertaneja com 30 e 47 DAF podem ser observados pela Figura 18c e Figura 18d, respectivamente.



(a) e (b) BRS Primavera com 30 e 47 dias após o florescimento; (c) e (d) BRS Sertaneja com 30 e 47 dias após o florescimento.

Figura 18. Grãos da cultivar BRS Primavera e BRS Sertaneja após a dispersão alcalina.

Em pesquisas realizadas com cultivares de arroz altamente produtivas do grupo Indica do Instituto de Pesquisa de arroz de Blangladesh, foi encontrada a mesma faixa de TG intermediária na maioria das amostras estudadas (TETENS et al., 1997). O mesmo resultado (TG intermediária) também foi encontrado por Pinheiro e Ferreira (2003) para a cultivar BRS Primavera, e por Bassinello et al. (2007) para as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja. Já em estudos realizados em variedades de arroz Thai também do grupo Indica, 40% das amostras apresentaram faixa de TG intermediária e 60% TG alta (YADAV; JINDAL, 2007).

As cultivares com faixa de TG intermediária e TG baixa são preferidas pelo consumidor, por apresentar a tendência de arroz cozido solto e macio (MARTINÉZ; CUEVAS, 1989), e consequentemente, este constitui um dos pré-requisitos para o lançamento de novas variedades no Brasil. Quando uma cultivar de arroz apresenta alta temperatura de gelatinização, isso significa que os seus grãos necessitam de mais água e tempo para cozinhar, ao passo que cultivares com temperaturas na faixa intermediária e baixa, necessitam de menos tempo e água para o cozimento, resultando em um gasto menor de energia (SANTOS et al., 1999).

Dessa forma, pode-se dizer que quanto ao aspecto de qualidade relacionado à temperatura de gelatinização, tanto a cultivar BRS Primavera, quanto a cultivar BRS Sertaneja, colhidas aos 30 ou 47 DAF, fazem parte do grupo representado pela temperatura de gelatinização intermediária, que predomina no mercado nacional.

5.4.4 Teor de amilose

Os resultados do teor de amilose para as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas aos 30 e 47 DAF, do tipo polido e parboilizado polido, e as possíveis interações significativas ($P \leq 0,05$) entre esses fatores estão apresentados na Tabela 41.

Tabela 41. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre o teor de amilose dos grãos de arroz.

Tratamento	Teor de amilose (%)
Cultivares (C)	
BRS Primavera	22,67 ^{A}
BRS Sertaneja	22,36 ^{B}
Épocas de colheita (E)	
30 DAF	22,50 ^{A}
47 DAF	22,53 ^{A}
Tipo de processamento (T)	
Polido	22,11 ^{B}
Parboilizado polido	22,92 ^{A}
Interações	
CxE	0,0014*
CxT	0,0014*
CxExT	0,0017*

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$);
DAF = dias após o florescimento.

Nota-se uma interação tripla entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento, sendo necessário o desdobramento para analisar os tratamentos individualmente. São observadas diferenças significativas ($P \leq 0,05$) no teor de amilose entre as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja e entre os tratamentos do tipo polido e parboilizado polido. Para as diferentes épocas de colheita não foi encontrada diferença significativa no teor de amilose ($P > 0,05$).

Em trabalho realizado por Sotrck, Silva e Comarella (2005), com cultivares do IRGA, também não foram detectadas diferenças significativas no teor de amilose entre as amostras de arroz polido e parboilizado polido. Segundo os mesmos autores, esses resultados são esperados, uma vez que suas variações são predominantemente influenciadas pelo genótipo.

Na Tabela 42, está apresentado o desdobramento da interação tripla entre os fatores para os resultados do teor de amilose. Entre o grupo dos tratamentos parboilizados todas as amostras apresentaram teor de amilose intermediário, e, para o grupo do tipo polido, só a BRS Primavera polida colhida aos 47 DAF apresentou-se com a mesma descrição. Apesar das

diferenças em termos de classificação, os resultados do teor de amilose não se diferenciaram significativamente ($P > 0,05$) entre o grupo polido e parboilizado polido, exceto para a cultivar BRS Sertaneja colhida aos 47 DAF.

Tabela 42. Desdobramento das interações positivas entre cultivar, época de colheita e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre o teor de amilose dos grãos de arroz.[1]

DAF/Tipo	Teor de amilose (%)	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja
30/PO	22,07±0,10 ^{Aa}	22,27±0,59 ^{Aa}
30/PB	22,73±0,10 ^{Aa}	22,96±0,16 ^{Aa}
47/PO	22,97±0,45 ^{Aa}	21,13±0,06 ^{Bb}
47/PB	22,91±0,36 ^{Aa}	23,11±0,36 ^{Aa}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey; DAF = dias após o florescimento.

O teor de amilose intermediário é o desejado, e a maioria das amostras apresentou características ideais para pegajosidade e textura, apresentando grãos cozidos soltos e macios. O mesmo resultado (TA intermediário) foi encontrado para a BRS Primavera polida por Pinheiro e Ferreira (2003) e por Bassinello et al. (2007) para as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja polidas. Essa cultivar se destaca no quesito qualidade de grãos, sendo considerada padrão entre as cultivares de terras altas, segundo os mesmos autores.

É importante ressaltar que os diversos resultados existentes sobre o conteúdo de amilose das várias cultivares de arroz existentes no mundo, apresentam os valores de teor de amilose "aparente" (JULIANO, 1993), ou seja, sem considerar a interferência do complexo iodo-amilopectina na análise, o que acarreta uma dúvida sobre o método mais adequado a um programa de melhoramento genético de arroz. Dessa forma, os valores obtidos são de certo modo superestimados. De acordo com Ong e Blanshard (1995a), as diferentes estruturas de amilopectina poderiam explicar porque as cultivares que possuem conteúdos de amiloses similares podem ter diferentes propriedades de textura.

5.5 ANÁLISE SENSORIAL DOS GRÃOS DE ARROZ

O perfil sensorial das cultivares de arroz consiste num processo formal para medir, de maneira reprodutível, os atributos específicos de uma amostra e a intensidade de cada um em escala adequada, fornecendo completa descrição do produto e uma base para distinguir

aqueles atributos sensoriais que são importantes para aceitação dos consumidores (DELLA MODESTA et al., 2002). Os grãos de arroz polido e parboilizado polido foram avaliados pelo teste de cocção e os tratamentos parboilizados pelo teste de aceitação.

5.5.1 Teste de cocção

Os resultados do teste de cocção para os grãos de arroz das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, colhidas aos 30 e 47 DAF, do tipo polido e parboilizado polido, e as possíveis interações significativas ($P \leq 0,05$) entre esses fatores estão apresentados na Tabela 43.

Tabela 43. Efeito de diferentes cultivares, épocas de colheita e tipo de processamento sobre os resultados de cocção dos grãos de arroz.

Tratamento	Coesividade / Descrição	Textura / Descrição	Tempo de cocção (min)	Rendimento de panela (%)
Cultivares (C)				
BRS Primavera	1,58 ^{A} / S	1,33 ^{A} / M	17,83 ^{A}	222,68 ^{A}
BRS Sertaneja	1,58 ^{A} / S	1,42 ^{A} / M	17,75 ^{A}	221,87 ^{A}
Épocas de colheita (E)				
30 DAF	1,50 ^{A} / S	1,33 ^{A} / M	17,79 ^{A}	221,81 ^{A}
47 DAF	1,67 ^{A} / S	1,42 ^{A} / M	17,79 ^{A}	222,74 ^{A}
Tipo de processamento (T)				
Polido	2,00 ^{A} / S	1,00 ^{B} / M	14,12 ^{B}	205,14 ^{B}
Parboilizado	1,17 ^{B} / MS	1,75 ^{A} / LM	21,46 ^{A}	239,40 ^{A}
Interações				
CxE	NS	NS	NS	NS
CxT	NS	NS	NS	0,0442*
CxExT	NS	NS	NS	NS

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada fator se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey;
S = solto; MS = muito solto; M = macio; LM = ligeiramente macio; DAF = dias após o florescimento;
* Interação significativa ($P \leq 0,05$); NS = não significativo ($P > 0,05$).

Não foi observada interação significativa ($P > 0,05$) entre os fatores. Em relação aos resultados dos atributos de textura e coesividade dos grãos de arroz, para as duas cultivares e épocas de colheita, não houve diferenças significativas ($P > 0,05$), ou seja, todos os tratamentos se apresentaram com aspectos de grãos cozidos macios e soltos. Para os tipos de processamento, os grãos de arroz polido se diferenciaram dos grãos de arroz parboilizado ($P \leq 0,05$), se apresentando com aspectos de grãos macios e soltos. A maciez e a soltabilidade dos grãos de arroz polido já era esperada, pois as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja são conhecidas pela ótima qualidade de cocção, apresentando atributos desejáveis pelos consumidores de arroz (BRESEGHELLO et al., 2006; BASSINELLO et al., 2007). O que não

se conhecia é que a variação do DAF não afetaria estas características, ficando clara após essa análise.

Após a parboilização dos grãos, nota-se uma melhora no aspecto de coesividade avaliado, ou seja, de "solto" ele tornou-se "muito solto". Essa melhora com o tratamento de parboilização dos grãos de arroz permitiu verificar que o processo formou uma película endurecida ao redor do grão, tornando o arroz mais solto quando cozido, não deixando os grãos se aderirem. Isto, segundo Gularte et al. (2005), que encontraram características de "grãos bem separados" no arroz parboilizado, é provocado no grão quando ocorre a gelatinização, que depois de seco, forma esta película. Outra explicação se relaciona ao teor de amilose do arroz. O conteúdo de amilose é considerado uma das variáveis mais importantes para avaliar o comportamento de cocção do arroz (ONG; BLANSHARD, 1995a; XIE et al., 2007). A amilose afeta de forma direta a firmeza dos grãos e inversa a coesividade dos grãos cozidos soltos. Esses resultados foram encontrados por Alary; Laignelet e Feillet (1977), que correlacionaram o teor de amilose e a textura dos grãos apresentando coeficiente de correlação de 0,83 ($P \leq 0,05$).

Em relação ao atributo de textura, os grãos de arroz parboilizado se apresentaram como "ligeiramente macios", ou seja, um pouco menos macios que o arroz polido. Gularte et al. (2005) encontraram características de "grãos macios firmes" no teste sensorial de arroz parboilizado. A menor maciez nos grãos de arroz parboilizado pode ser explicada pelo processo de retrogradação sofrido após a gelatinização na parboilização. Segundo Zanão et al. (2009), a retrogradação pode conduzir ao aumento de dureza dos grãos devido à recristalização das macromoléculas do amido.

Para os resultados do tempo de cocção, também não houve variação entre as duas cultivares e entre as duas épocas de colheita ($P > 0,05$), enquanto que, para o tipo de processamento, verifica-se que, os grãos de arroz parboilizado apresentaram um tempo maior de cocção, em relação aos grãos de arroz polido.

O tempo de cocção aumentou em torno de 7 min entre os grãos de arroz polido e parboilizado polido, independente da cultivar e época de colheita. Esse valor foi menor que o encontrado por Gularte et al. (2005), que estudou o perfil sensorial de diferentes cultivares de arroz polido e parboilizado, obtendo um aumento no tempo de cocção de 10 min. O tempo de cocção depende de especificidades da cultivar estudada, tais como o seu teor de amilose. Na Tabela 44 está apresentado o coeficiente de correlação entre essas variáveis.

Tabela 44. Coeficiente de correlação de Pearson entre tempo de cocção e teor de amilose das cultivares de arroz.

	Tempo de cocção (min)
Teor de amilose	0,5851*

* Correlação significativa ($P \leq 0,05$).

Por meio desta análise de correlação é possível afirmar que o tempo de cocção também apresenta uma relação direta ao teor de amilose das cultivares de arroz polido e parboilizado polido, ou seja, quanto maior o teor de amilose, maior será o tempo necessário para o cozimento dos grãos de arroz.

Para os resultados do rendimento do arroz cozido, também não houve diferenças entre as cultivares e épocas de colheita ($P > 0,05$), e não houve interação significativa entre os fatores cultivar e época, enquanto que, entre os dois tipos de processamento, nota-se que os grãos de arroz parboilizado renderam 16,7% a mais que os grãos de arroz polido ($P \leq 0,05$). Além disso, houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre os fatores de cultivar e tipo de processamento. O desdobramento da interação está apresentado na Tabela 45.

Tabela 45. Desdobramento da interação positiva entre cultivar e tipo de processamento: polido (PO) ou parboilizado (PB) sobre o rendimento da cocção de arroz.[1]

TIPO	**Rendimento (%)**	
	BRS Primavera	BRS Sertaneja
PO	206,53±3,44 ^{Ba}	203,76±1,67 ^{Ba}
PB	238,83±2,26 ^{Aa}	239,97±1,26 ^{Aa}

[1] Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras maiúsculas (mesma coluna) e minúsculas (mesma linha) diferentes se diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Pelos resultados apresentados é possível afirmar que as cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja quando passam pelo processo de parboilização do arroz, aumentam o seu rendimento em torno de 15,64% e 17,77%, respectivamente, em relação ao polido. Resultados semelhantes foram encontrados por Gularte et al. (2005), que apresentaram um aumento de 15,79% e 11,09% do parboilizado em relação ao polido.

5.5.2 Teste afetivo de aceitação

As médias dos atributos avaliados pelos julgadores não treinados estão apresentadas na Tabela 46. A atitude dos consumidores em relação à aceitabilidade do arroz parboilizado, poderia ser definida como a intensidade de sentimentos a favor ou contra o produto, motivados por uma experiência sensorial anterior e também pelas crenças (HEINEMANN; BEHRENS; LANFER-MARQUEZ, 2006).

Tabela 46. Média dos atributos do teste de aceitação dos grãos de arroz parboilizados.

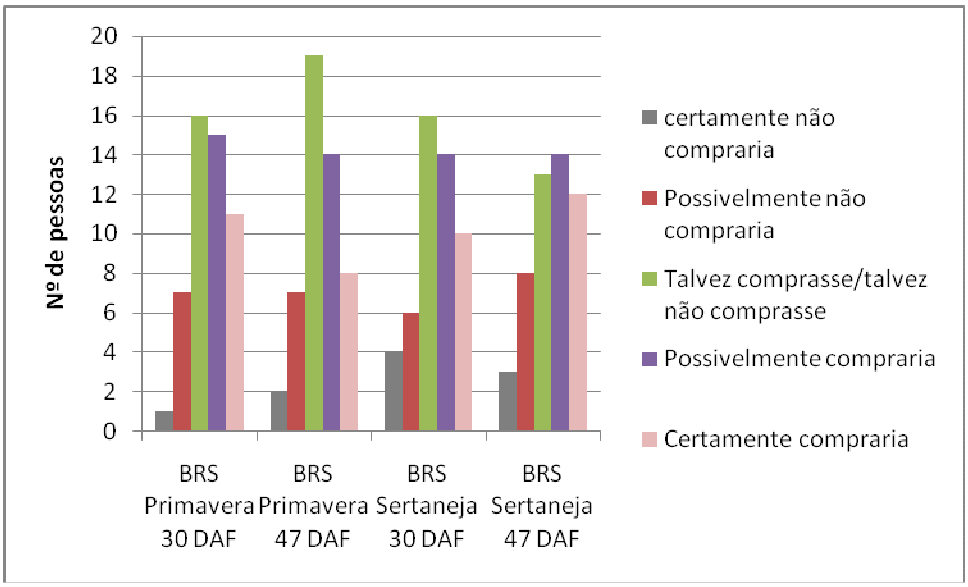
Cultivar	DAF*	Aparência	Aroma	Sabor	Textura
BRS Primavera	30	7,2[a]	6,4[ab]	6,7[a]	7,0[a]
BRS Primavera	47	6,3[b]	5,8[b]	6,3[a]	6,3[a]
BRS Sertaneja	30	7,3[a]	6,3[ab]	6,2[a]	6,8[a]
BRS Sertaneja	47	7,0[ab]	6,7[a]	6,4[a]	6,9[a]

*DAF = dias após o florescimento.
Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).

As alterações nos atributos sensoriais devidas ao processo de parboilização não foram tão fortes a ponto de rejeição pelos julgadores. Os provadores não detectaram diferenças significativas ($P > 0,05$) em relação à textura e ao sabor das quatro amostras, apesar das diferentes cultivares e épocas de colheita, recebendo nota que variou de 6 - gostei ligeiramente a 7 - gostei moderadamente. Em relação ao aroma, a cultivar BRS Primavera colhida aos 47 DAF apresentou a menor nota e diferenciou-se ($P < 0,05$) da cultivar BRS Sertaneja colhida na mesma época, que obteve a maior aceitação (6,7) para este atributo.

Entre os atributos, a maior nota de aceitação foi para a aparência, que obteve valor máximo de 7,3 para a cultivar BRS Sertaneja colhida aos 30 DAF. Nota-se, portanto, que as amostras não se apresentaram tão escuras a ponto de ocasionar a rejeição do arroz parboilizado para o atributo de aparência. Durante o teste, foi observado que o arroz parboilizado quando cozido apresentou coloração mais clara que o arroz parboilizado cru, fato também observado em cultivares de arroz parboilizado avaliados por Gularte et al. (2005), que afirmam que a minimização da cor pode ter sido alcançada por causa dos testes preliminares das curvas de hidratação, gerando uma maior uniformização da gelatinização, e tornando o arroz parboilizado com coloração mais próxima da preferência dos consumidores, que é a do arroz branco.

Em relação aos resultados da intenção de compra (Figura 19), verifica-se que os grãos de arroz da cultivar BRS Sertaneja colhida aos 47 DAF obtiveram os melhores resultados, pois a maioria dos provadores respondeu que possivelmente compraria. Em relação à cultivar BRS Primavera colhida aos 47 DAF, 38% dos provadores, representados pela maioria, responderam que talvez comprariam, e apenas 16% afirmaram que certamente comprariam. Estes dados podem confirmar a menor aceitabilidade desta amostra, e pode estar relacionado também à maior incidência de grãos manchados e picados e aroma.



DAF = dias após o florescimento

Figura 19. Resultados da intenção de compra das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja parboilizadas.

Avaliando o perfil sensorial de diferentes marcas comerciais de arroz parboilizado, Kaimoto e Ferreira (2001) relataram que pode haver variações na cor, aparência, textura, aroma e sabor entre os produtos, o que pode estar intimamente relacionado à severidade do tratamento de algumas marcas avaliadas, e também à falta de homogeneidade durante o processo. Neste trabalho, optou-se por avaliar apenas os tratamentos que tiveram 30% de absorção de umidade no encharcamento, verificando apenas as possíveis diferenças entre as duas cultivares e épocas de colheita. Segundo Gularte et al. (2005), para a indústria, os grãos de diferentes cultivares, quando são misturados, causam dificuldade de padronização no processo de beneficiamento, e cada cultivar tem a sua característica e, conseqüentemente, apresentam qualidades diferentes nos parâmetros sensoriais.

Em pesquisas realizadas com diferentes marcas de arroz parboilizadas comercializadas na cidade de São Paulo verificou-se uma aceitação global com escores variando de 5,2 (nem gostei, nem desgostei) a 6,6 (gostei ligeiramente). A justificativa de pouca aceitabilidade foi devido à falta de homogeneidade na cor e integridade dos grãos (HEINEMANN; BEHRENS; LANFER-MARQUEZ, 2006). A falta de integridade pode ser representada pela presença de grãos quebrados, característica encontrada em uma das marcas de arroz parboilizado avaliadas sensorialmente em trabalho realizado por Kaimoto e Ferreira (2001).

Os grãos de arroz polido das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja são aceitos sensorialmente, por apresentarem atributos que agradam o consumidor, além de serem do tipo

"agulhinha", a preferência nacional. Com os resultados do teste de aceitação destes quando submetidos à parboilização, percebe-se que também não houve rejeição, apesar de alguns julgadores comentarem a respeito do sabor e odor acentuado.

Além do teste de aceitação, foi realizada uma pesquisa sobre o perfil dos provadores que participaram da avaliação. É possível identificar, após a pesquisa, que a maioria dos provadores é do sexo feminino, com idade entre 18 e 21 anos, natural de Goiânia com renda de até 5 salários mínimos. A faixa etária entre 18 a 21 anos pode ser explicada pelo fato do teste ter sido realizado com estudantes universitários. Uma parcela de 98% afirmou consumir diariamente arroz polido, fato já conhecido na população brasileira, e em relação ao arroz parboilizado, 44% disseram conhecer e ter experimentado, apesar de não serem potenciais consumidores.

Observou-se também que 58% dos provadores conhecem o valor nutritivo do arroz parboilizado e, 66% costumam ter uma alimentação saudável. Além disso, 60% afirmaram que consumiriam este produto. Estes resultados mostram que a presença do arroz parboilizado no mercado pode estar se intensificando, até mesmo na população de menores rendas, apesar do preço deste não ser maior que o do arroz branco polido.

Para os provadores, o sabor é o que mais influencia no momento da compra de um determinado produto, apesar da aparência também ser um fator decisivo (DELLA MODESTA, 1994). Segundo Behrens; Heinemann e Lanfer-Marquez (2007), o conhecimento do perfil dos consumidores pode ajudar diferentes segmentos de mercado a desenvolver campanhas promocionais direcionadas justamente para superar barreiras que dificultam o consumo.

Essa pesquisa gerou informações positivas para o mercado de arroz parboilizado, que ainda é pequeno na região Centro-Oeste (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002). Ressalta-se a necessidade do aumento de campanhas de *marketin*g, visando uma maior procura e, consequentemente, maior produção de arroz parboilizado com qualidade.

6 CONCLUSÕES

A qualidade do arroz está relacionada com a combinação dos fatores cultivar e época de colheita, sendo acrescentado o fator teor de umidade final no encharcamento para o arroz parboilizado. Para algumas variáveis estudadas, estes fatores influenciaram positivamente e em outras, negativamente:

▪ A partir das isotermas, pode-se manipular adequadamente o produto visando à manutenção do seu teor de água nos níveis recomendados para uma parboilização ideal. A cultivar BRS Sertaneja necessita de maior tempo de encharcamento em relação à cultivar BRS Primavera, na mesma temperatura.

▪ Quanto maior o teor de umidade adquirido no encharcamento, maior será a perda de sólidos por lixiviação e maior será a acidez da água de imersão, independente da época de colheita dos grãos, portanto, ressalta-se a importância do controle do tempo de encharcamento.

▪ A abertura de grãos ocorre em maior concentração nas cultivares colhidas tardiamente, porém, esta interação é diferente para cada cultivar, sendo dependente, principalmente, de características individuais de cada uma.

▪ A época de colheita é um dos fatores de grande influência sobre a qualidade industrial de arroz, e depende também do potencial de origem. A parboilização aumenta a renda e o rendimento de inteiros, independente da época de colheita, podendo superar a perda possivelmente causada pelos grãos que não passaram pelo processo de parboilização. O tempo de encharcamento não interfere na renda e rendimento de grãos inteiros.

▪ O processo de parboilização resulta em grãos com menor grau de polimento, e o mesmo não apresenta diferenças entre os tratamentos de um mesmo tipo de processamento.

▪ O atraso na época de colheita pode aumentar o índice de manchados e picados e pretos nos grãos de arroz polido e parboilizado polido. Para os tratamentos parboilizados, o teor de umidade do grão não interfere nos mesmos defeitos. Em relação aos grãos não gelatinizados, os mesmos são dependentes do teor de umidade, sendo assim, quanto maior o teor de umidade adquirido no encharcamento, maior será a translucidez e homogeneidade nos grãos de arroz parboilizado.

▪ A parboilização provoca o escurecimento dos grãos de arroz, entretanto, o teor de umidade adquirido no encharcamento não teve efeitos significativos nos parâmetros de cor.

▪ O perfil viscoamilográfico do arroz é dependente da época de colheita, sendo assim, o atraso desta provoca maiores picos de viscosidade. O maior efeito foi para o tipo de processamento, ou seja, a parboilização diminui os valores de viscosidade.

▪ A parboilização contribuiu para o aumento de algumas frações determinadas nas cultivares estudadas, tais como, lipídios, cinzas e fibra bruta. O atraso na colheita diminuiu o teor de proteína da cultivar BRS Sertaneja.

▪ As cultivares associadas aos diferentes fatores estudados poderiam ser utilizadas de maneira diferenciada na nutrição humana quanto aos teores de minerais. A parboilização aumentou o conteúdo de fósforo, potássio e cobre e diminuiu o teor de cálcio, magnésio e zinco.

▪ As cultivares se apresentaram com temperatura de gelatinização e teor de amilose intermediários, que podem estar relacionados com as características de maciez e soltabilidade dos grãos, independente da época de colheita. A parboilização melhora o aspecto de soltabilidade e ocasiona uma maior firmeza na textura dos grãos cozidos.

▪ Em relação à aceitabilidade das cultivares de arroz parboilizado, a maior aceitação foi para o atributo de aparência, apesar do sabor apresentar um alto fator de impacto. Em geral, o arroz parboilizado foi bem aceito, e época de colheita e cultivar podem influenciar no aroma e aparência.

Pelos resultados apresentados, o arroz parboilizado sobressai-se em relação ao polido, principalmente em termos de rendimento de engenho e aumento nutricional. As cultivares de arroz analisadas apresentam-se aptas para a indústria de parboilização, independente da ápoca de colheita, e são bem aceitas pelo consumidor, ressaltando-se que deve ser feito intenso controle durante o processo.

REFERÊNCIAS

AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of the AACC.** 10. ed. Saint. Paul: AACC, 2000.

ALARY, R.; LAIGNELET, B.; FEILLET, P. Effects of amylose content on some characteristics of parboiled rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 25, n. 2, p. 261-264, 1977.

AMATO, G. W. **Grãos não-gelatinizados – GNG em arroz parboilizado**: avaliação de método. Porto Alegre: CIENTEC, 1989. 49 p. (Boletim Técnico, 15).

AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V. C.; SILVEIRA FILHO. **Arroz parboilizado:** tecnologia limpa, produto novo. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002. 240 p.

AMATO, G. W.; ELIAS, M. C. **A parboilização do arroz**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2005. 160 p.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**: Agricultural chemicals, contaminants, drugs. 16. ed., v. 1. Gaithersburg: AOAC International, 1996.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**: Food composition, additives, natural contaminants. 16. ed., v. 2. Gaithersburg: AOAC International, 1997.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C; PEREIRA, J. C. R. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, 2002.

BASSINELLO, P. Z.; CASTRO, E. M. Arroz como alimento**. Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 101-108, 2004.

BASSINELLO, P. Z.; GARCIA, D. M.; ASHERI, D. P. R.; TROVO, J. B.; COBUCCI, R. M. A. Evaluation of several methods to characterize rice cooking quality. In: RICE UTILIZATION WORKSHOP, 2007, Louisiana. **Annals**... Louisiana: USDA ARS/USA Rice Federation, 2007.

BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI. A. M. C.; GALLO, J. R. **Análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1978. 31 p. (Boletim Técnico, 87).

BAYRAM, M.; ÖNER, M. D.; KAYA, A. Influence of soaking on the dimensions and colour of soybean for bulgur production. **Journal of Food Engineering**, London, v. 61, n. 3, p. 331-339, 2004.

BEHALL, K. M.; SCHOLFIELD, D. J.; HALLFRISCH, J. Whole-grain diets reduce blood pressure in mildly hypercholesterolemic men and women. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 106, n. 9, p. 1445-1449, 2006.

BEHRENS, J. H.; HEINEMANN, R. J. B.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Parboiled rice: a study about attitude, consumer liking and consumption in São Paulo, Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, n. 6, p. 992-999, 2007.

BELLO, M.; TOLABA, M. P.; SUAREZ, C. Factors affecting water uptake of rice grain during soaking. **Food Science and Technology**, Zürich, v. 37, n. 8, p. 811-816, 2004.

BELLO, M.; BAEZA, R.; TOLABA, M. P. Quality characteristics of milled and cooked rice affected by hydrothermal treatment. **Journal of Food Engineering**, New York, v. 72, n. 2, p. 124-133, 2006.

BHATTACHARYA, K. R.; SUBBA RAO, P. V. Effect of processing conditions on quality of parboiled rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 14, n. 5, p. 476-479, 1966.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; FERNANDES, F. A.; SÁ, M. E. Momento de colheita e períodos de armazenamento no rendimento industrial e na qualidade fisiológica do arroz de terras altas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 219-226, 2007.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 1995. 223 p.

BONOW, S.; PINHO, E. V. R. V.; SOARES, A. A.; SIÉCOLA JÚNIOR, S. Caracterização morfológica de cultivares de arroz visando a certificação da pureza varietal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 619-627, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz**. Brasília, 1988. 28 p. Disponível em: <http://padclassif. tripod.com/padrao/arroz.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 6**. Diário Oficial da União. Brasília, 2009.

BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O. P.; CASTRO, E. M.; PEREIRA, J. A.; UTUMI, M. M.; LOPES, A. M.; CORDEIRO, A. C. C.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R.; PRABHU, A. S.; PETERS, V.; SOARES, A. A. **BRS Sertaneja**: cultivar precoce de arroz de terras altas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 4 p. (Comunicado Técnico, 133).

CARVALHO, J. L. V.; GERMANI, R. Estudo da avaliação da qualidade de cocção do arroz utilizando o viscoamilógrafo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Anais**... Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1998, v. 1, p. 436-437. (Documentos, 85).

CASTRO, E. M.; VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R.; SILVA, S. A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p. (Circular Técnica, 34).

CHAMPAGNE, E. T.; BETT, K. L.; VINYARD, B. T.; MCCLUNG, A. M.; BARTON II, F. E.; MOLDENHAUER, K.; LINSCOMBE, S.; MCKENZIE, K. Correlation between cooked rice texture and rapid visco analyzer measurements. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 5, p. 764-771, 1999.

CHAMPAGNE, E. T.; BETT-GARBER, K. L.; THOMPSON, J.; MUTTERS, R.; GRIMM, C. C.; MCCLUNG, A. M. Effects of drain and harvest dates on rice sensory and physicochemical properties. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 82, n. 4, p. 369-374, 2005.

CINTRA, R. M. G. C.; MAGALHÃES, C. O.; GARCIA, R. R.; MELLO, R.; PADILHA, A.; KUSAI, C.; CAETANO, L. Avaliação da qualidade da proteína de arroz e feijão e de dieta da região sudeste do Brasil. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 3, p. 283-289, 2007.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, sétimo levantamento, abril/2009 / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2009. 39 p.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; MACHADO, J. R. Extração de macronutrientes pelo arroz de terras altas sob diferentes níveis de irrigação por aspersão e de adubação. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 145-150, 2003.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; ARF, O. Produtividade de grãos e exportação de nutrientes de cultivares de arroz irrigadas por aspersão em consequência da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 247-257, 2007.

DAVID, B. D.; NORNBERG, J. L.; SILVA, L. P.; FAGUNDES, C. A. A. Concentração de minerais em grãos polidos e parboilizados de diferentes cultivares de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais**... Itajaí: EPAGRI, 2003, p. 644-646.

DELLA MODESTA, R. C. **Manual de análise sensorial de alimentos e bebidas**. t. 2. Rio de Janeiro: Embrapa CTAA, 1994. 115 p. (Documentos, 11).

DELLA MODESTA, R. C.; CARVALHO, J. L. V.; GONÇALVES, E. B.; SILVA, A. L. S. Perfil sensorial de alguns genótipos de arroz brasileiro, da safra 1999/2000. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais**... Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, v. 1, p. 48-50. (Documentos, 134).

DENARDIN; C. C.; SILVA, L. P.; STORCK, C. R.; NÖRNBERG, J. L. Composição mineral de cultivares de arroz integral, parboilizado e branco. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 125-130, 2004.

DILLAHUNTY, A. L.; SIEBENMORGEN, T. J.; MAUROMOUSTAKOS, A. Effect of temperature, exposure duration, and moisture content on color and viscosity of rice. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 78, n. 5, p. 559-563, 2001.

DORS, G. C.; PINTO, R. H.; BADIALE-FURLONG, E. Influência das condições de parboilização na composição química do arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 219-224, 2009.

ELBERT, G.; TOLABA, M. P.; SUÁREZ, C. Effects of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled Rice. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 47, n. 1, p. 37-41, 2001.

ELIAS, M. C. **Efeitos da espera para secagem e do tempo de armazenamento na qualidade das sementes e grãos do arroz irrigado**. 1998. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.

ELIAS; M. C.; DIAS, A. R. G.; NORA, L.; CONRAD, V. J. D.; SILVA; J. A. Tempo de armazenamento e qualidade industrial do arroz para parboilização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: IRGA, 2001, p. 715-717.

FAGUNDES, C. A. A.; ELIAS, M. C.; BARBOSA, F. F.; CRUZ, L. H. M. P. Temperatura da água e tempo de imersão para parboilização dos cultivares de arroz IRGA 418, IRGA 419 e IRGA 420. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: IRGA, 2001, p. 654-656.

FAGUNDES, C. A. A.; ELIAS, M. C.; BARBOSA, F. F.; Desempenho industrial de arroz secado com ar aquecido por queima de lenha e de GLP. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 8-15, 2005.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Aminoacid content of foods and biological data on proteins**. Rome: FAO, 1970. 285 p. (FAO Nutritional Studies, 24).

_____. **Statistical Databases Agriculture**, 2008. Disponível em: <http://apps.fao.org/page /collections?subset¼agri culture.>. Acesso em: 05 mai. 2009.

FERREIRA, C. M.; MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; ALMEIDA, P. N. A. Qualidade e utilização das principais cultivares de arroz de terras altas. In: FERREIRA, C. M.; SOUSA, I. S. F. de; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. (Ed.). **Desenvolvimento tecnológico e dinâmica da produção de arroz de terras altas no Brasil.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. cap. 3, p. 37-50.

FERREIRA, C. M.; MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; ALMEIDA, P. N. A.; GAMEIRO, A. H. Importância econômica e social do arroz no Brasil. In: FERREIRA, C. M.; SOUSA, I. S. F. de; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. (Ed.). **Desenvolvimento tecnológico e dinâmica da produção de arroz de terras altas no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. cap. 1, p. 9-26.

FERREIRA, C. M.; MORCELI, P. Mercado e comercialização. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 26, p. 983-1000.

FITZGERALD, M.; LEWIN, L.; WILLIAMS, R.; CLAMPETT, W. S.; REINKE, R. Grain quality. In: KEALEY, L. M.; CLAMPETT, W. S. (Ed.). **Production of quality rice in South Eastern Australia**. Kingston: Rural Industries Research & Development Corporation (RIRDC), 2000. chap. 13, p. 4-19.

FITZGERALD, M. A.; MARTIN, M.; WARD, R. M.; PARK, W. D.; SHEAD, H. J. Viscosity of rice flour: a rheological and biological study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 8, p. 2295-2299, 2003.

FONSECA, J. R.; CASTRO, E. M.; ZIMMERMANN, F. J. P.; CUTRIM, V. A. Ponto de colheita dos cultivares de arroz de terras altas BRS Liderança, BRS Talento e MRSMG Curinga. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 296, p. 535-540, 2004.

FONSECA; J. R.; CASTRO; E. M.; MORAIS, O. P. C**aracterísticas morfológicas e pontos de colheita das cultivares de arroz de terras altas BRS Vencedora e BRS Talento**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 4 p. (Comunicado Técnico, 97).

FONSECA, J. R.; MORAIS, O. P.; CUTRIM, V. A.; RANGEL, P. H. N.; BRESEGHELLO, F.; SOARES, A. A.; CASTRO, A. M. **Características morfo agronômicas e fenológicas de cultivares comerciais de arroz (*Oryza sativa* L.) de terras altas e irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 32 p. (Documentos, 209).

FREI, M.; SIDDHURAIU, P.; BECKER, K. Studies on in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, London, v. 83, n. 3, p. 395-402, 2003.

GARIBOLDI, F. Parboiled rice. In: HOUSTON, D. F. (Ed.). **Rice:** chemistry e technology. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Inc., 1972. chap. 14, p. 358-380.

GOOD, H. Measurement of color in cereal products. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 47, n. 1, p. 5-6, 2002.

GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; STONE, L. F. Sistemas de cultivo. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 3, p. 53-96.

GULARTE, M. A.; CARDOSO, M. B.; PRESTES, D. H.; WALLY A. P. S.; FAGUNDES, C. A. A.; DIAS, A. R. G.; SCHIRMER, M. A.; ELIAS, M. C. Efeitos da parboilização nas características de consumo de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. **Anais**... Santa Maria: Editora Orium, 2005, p. 369-372.

GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Estudos comparativos das operações unitárias de parboilização de arroz, realizadas em escalas industrial e laboratorial. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 45, n. 404, p.3-8, 1992.

HAN, X. Z.; HAMAKER, B. R. Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. **Journal of Cereal Science**, London, v. 34, n. 3, p. 279-284, 2001.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PENTEADO, M. V. C.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Estudo comparativo dos nutrientes em arroz integral, parboilizado e polido e sua contribuição na dieta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais**... Recife: CR-ROM, 2004.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. V. C.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 18, n. 4, p. 287-296, 2005.

HEINEMANN, R. J. B.; BEHRENS, J. H.; LANFER-MARQUEZ, U. M. A study on the acceptability and consumer attitude towards parboiled rice. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, n. 6, p. 627-634, 2006.

HELBIG, E.; ROMANO, C. M.; RADÜNZ, A. L.; RUTZ, D.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Efeitos da amilose e do processamento na formação e estabilidade do amido resistente em arroz. **Brazilian Journal of Food and Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 296-301, 2007.

HÖFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 54-62, 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: março 2009. Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, DPE, COAGRO. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200903_7.shtm>. Acesso em: 05 mai. 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz:** métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.

ITANI, T.; TAMAKI, M.; ARAI, E.; HORINO, T. Distribution of amylose, nitrogen, and minerals in rice kernels with various characters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 19, p. 5326-5332, 2002.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993. 168 p. Disponível em: <http://www.fao.org/inpho/content/documents//vlibrary/t0567e/T0567E00.htm>. Acesso em: 05 mai. 2009.

KAIMOTO, A. M.; FERREIRA, S. M. R. Perfil da qualidade do arroz parboilizado adquirido num sistema de alimentação coletiva. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 15, n. 89, p. 79-89, 2001.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry**, London, v. 80, n. 4, p. 589-596, 2003.

KUNZE, O. R. Effect of drying on grain quality: moisture readsorption causes fissured grains. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 46, n. 1, p. 16-19, 2001.

LAI, V. M. F.; LU, S.; HE, W. H.; CHEN, H. H. Non-starch polysaccharide compositions of rice grains with respect to rice variety and degree of milling. **Food Chemistry**, London, v. 101, n. 3, p. 1205-1210, 2006.

LAMBERTS, L.; BRIJS, K.; MOHAMED, R.; VERHELST, N.; DELCOUR, J. A. Impact of browning reactions and bran pigments on color of parboiled rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 26, p. 9924-9929, 2006a.

LAMBERTS, L.; DE-BIE, E.; DERYCKE, V.; VERAVERBEKE, W. S.; DE-MAN, W.; DELCOUR, J. A. Effect of processing conditions on color change of brown and milled parboiled rice. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 83, n. 1, p. 80-85, 2006b.

LAMBERTS, L.; DE-BIE, E.; VANDEPUTTE, G. E.; VERAVERBEKE, W. S.; DERYCKE, V.; DE-MAN, W.; DELCOUR, J. A. Effect of milling on colour and nutritional properties of rice. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 1, p. 1496-1503, 2007.

LAMBERTS, L.; ROMBOUTS, I.; BRIJS, K.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J. A. Impact of parboiling conditions on maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. **Food Chemistry**, London, v. 110, n. 4, p. 916-922, 2008.

LIMA, C. H. A. M.; COBUCCI, R. M. A.; BASSINELLO, P. Z.; BRONDANI, C.; COELHO, N. R. A. **Seleção e treinamento de uma equipe de provadores para avaliação sensorial de diferentes cultivares de arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 4 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23).

LOPES, A. M. **BRS Sertaneja**: cultivar precoce de arroz para terra firme do Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 198).

LU, S.; CHEN, L. N.; LII, C. Y. Correlations between the fine structure, physicochemical properties, and retrogradation of amylopectins from Taiwan rice varieties. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 74, n. 1, p. 34-39, 1997.

MARTINÉZ, C.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinária y molinera del arroz: guia de estúdio para ser usada como complemento de la unidad auditutorial sobre el mismo tema**. 3. ed. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1989. 73 p.

MIAH, M. A. K.; HAQUE, A.; DOUGLASS, M. P.; CLARKE, B. Parboiling of rice. Part I: Effect of hot soaking time on quality of milled rice. **International Journal of Food Science and Technology,** Oxford, v. 37, n. 5, p. 527-537, 2002.

MICROSOFT EXCEL FOR WINDOWS. Microsoft, Inc. Cary, NC, USA, 2003.

MOHAPATRA, D.; BAL, S. Cooking quality and instrumental textural attributes of cooked rice for different milling fractions. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 73, n. 3, p. 253-259, 2006.

_____. Effect of degree of milling on specific energy consumption, optical measurements and cooking quality of rice. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 80, n. 1, p. 119-125, 2007.

NAVES, M. M. V. Características químicas e nutricionais do arroz. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 51-60, 2007.

OLIVEIRA, M.; NUNES, B. R.; PICH, S.; LEAL, O. A.; OLIVEIRA, L.; GONÇALVES, P. R.; GULARTE, M. A.; ELIAS, M. C. Controle do pH da água de encharcamento na parboilização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. **Anais**... Santa Maria: Editora Orium, 2005. p. 339-342.

ONG, M. H.; BLANSHARD, J. M. V. Texture determinants of cooked, parboiled rice. I: Rice starch amylose and the fine structure of amylopectin. **Journal of Cereal Science**, London, v. 21, n. 3, p. 251-260, 1995a.

_____. Texture determinants of cooked, parboiled rice. II: Physicochemical properties and leaching behaviour of rice. **Journal of Cereal Science**, London, v. 21, n. 3, p. 261-269, 1995b.

PAN, Z.; TANGRATANAVALEE, W. Characteristics of soybeans as affected by soaking conditions. **Food Science and Technology**, Zürich, v. 36, n. 1, p. 143-151, 2003.

PEREIRA, J. A. **Cultura do Arroz no Brasil**: subsídios para a sua história. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226p.

PINHEIRO, B. S; FERREIRA, C. M.; Possíveis cenários de produção de arroz no Brasil e no Mercosul. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais**... Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, v. 2, p. 202-219. (Documentos, 153).

QUEIROZ, M. I.; KOETZ, P. R. Caracterização do efluente da parboilização do arroz. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 3, n. 3, p. 139-143, 1997.

RABELO, R. R. **Normatização, classificação e qualidade de grãos de arroz para comercialização interna**: uma abordagem crítica. 204 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

RAHAMAN, M. A.; MIAH, M. A. K.; AHMED, A. Status of rice processing technology in Bangladesh. **Journal of Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America**, Tokyo, v. 27, n. 1, p. 46-50, 1996.

REID, J. D.; SIEBENMORGEN, T. J.; MAUROMOUSTAKOS, A. Factors affecting the slope of head rice yield vs. degree of milling. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 75, n. 5, p. 738-741, 1998.

REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Teste de aceitação. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). **Análise sensorial:** estudos com consumidores. Viçosa: Editora UFV, 2006. cap. 3, p. 66-83.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C. Modelagem matemática do processo de hidratação de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 373-378, 2007.

RESIO, A. N. C.; AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C. Analysis of simultaneous water absorption and water-starch reaction during soaking of amaranth grain. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 68, n. 2, p. 265-270, 2005.

RIBEIRO, G. J. T.; SOARES, A. A.; REIS, M. S.; CORNÉLIO, V. M. 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.; SHIMIZU, N.; SHIINA, T.; KIMURA, T. Energy consumption and cost analysis of local parboiling processes. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 76, n. 4, p. 646-655, 2006.

SAGUM, R.; ARCOT, J. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and in vitro starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. **Food Chemistry**, London, v. 70, n. 1, p. 107-111, 2000.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, C. Manejo de água e de fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 565-573, 1999.

SANTOS, P. G.; CASTRO, A. P.; SOARES, A. A.; CORNÉLIO, V. M. O. Efeito do espaçamento e densidade de semeadura sobre a produção de arroz de terras altas irrigado por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 480-487, 2002.

SAS - Statistical Analysis System (Realease 8.1). Cary: **The SAS Institute**, 2003.

SILVA, J. G.; FONSECA, J. R. **Cultivo do arroz irrigado no estado do Tocantins**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. (Sistemas de Produção, 3). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoTocantins/colheita.htm>. Acesso em: 05 nov. 2007.

SILVA, M. C.; THIRÉ, R. M. S. M.; PITA, V. J. R. R.; CARVALHO, C. W. P.; ANDRADE, C. T. Processamento de amido de milho em câmara de mistura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 303-310, 2004.

SILVA, L. H.; COSTA, P. F. P.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Temperatura de encharcamento no grau de gelatinização e no rendimento do arroz parboilizado. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 9, n. 2, p. 9-18, 2005.

SILVA, J. G.; FONSECA, J. R. Colheita. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 18, p. 731-740.

SINGH, S.; DHALIWAL, Y. S.; NAGI, H. P. S.; KALIA, M. Quality characteristics of six Rice varieties of Himachal Pradesh. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 35, n. 1, p. 74-78, 1998.

SMIDERLE, O. J.; DIAS, C. T. 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.

SMITH, A. M., DENYER, K.; MARTIN, C. The synthesis of the starch granule. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 48, n. 1, p. 67-87, 1997.

SOARES, A. A.; REIS, M. S.; CORNÉLIO, V. M. O.; SOARES, P. C.; COSTA JÚNIOR, G. T.; GUEDES, J. M.; LEITE, N. A.; SOUZA, M. A.; DIAS, F. P. BRSMG Caravera: cultivar de arroz para terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 937-940, 2008.

SOPONRONNARIT, S.; CHIAWWET, M.; PRACHAYAWARAKORN, S.; TUNGTRAKUL, P.; TAECHAPAIROJ, C. Comparative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 85, n. 2, p. 268-276, 2008.

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; COMARELLA, C. G. Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 3, p. 259-264, 2005.

SUJATHA, S. J.; AHMAD, P. R.; BHAT, R. Physicochemical properties and cooking qualities of two varieties of raw and parboiled rice cultivated in the coastal region of Dakshina Kannada, Índia. **Food Chemistry**, London, v. 86, n. 2, p. 211-216, 2004.

TETENS, T.; BISWAS, S. K.; GLITSØ, L. V.; KABIR, K. A.; THILSTED, S. H.; CHOUDHURY, N. H. Physico-chemical characteristics as indicators of starch availability from milled rice. **Journal of Cereal Science,** London, v. 26, n. 3, p. 355-361, 1997.

THAKUR, A. K.; GUPTA, A. K. Water absorption characteristics of paddy, brown rice and husk during soaking. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 75, n. 2, p. 252-257, 2006.

VIEIRA, N. R. A. Qualidade de grãos e padrões de classificação de arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 94-100, 2004.

VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 23, p. 869-900.

XIE, L.; CHEN, N.; DUAN, B.; ZHU, Z.; LIAO, X. Impact of proteins on pasting and cooking properties of waxy and non-waxy rice. **Journal of Cereal Science**, London, v. 47, n. 2, p. 372-379, 2007.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; ÁVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WATT, B. K.; MERRILL, A. L. **Composition of foods**: raw, processed, prepared. Washington: United States Department of Agriculture, 1975. (Agriculture Handbook, 8).

WU, D.; SHU, Q.; WANG, Z.; XIA, Y. Effect of gamma irradiation on starch viscosity and physicochemical properties of different rice. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 65, n. 1, p. 29-86, 2002.

YADAV, B. K.; JINDAL, V. K. Dimensional changes in milled rice (*Oryza sativa* L.) kernel during cooking in relation to its physicochemical properties by image analysis. **Journal of Food Engineering,** Essex, v. 81, n. 1, p. 710-720, 2007.

ZANÃO, C. F. P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SARMENTO, S. B. S.; ARTHUR, V. Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oryza sativa* L.) e no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 46-55, 2009.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 37, n. 8, p. 849-868, 2002.

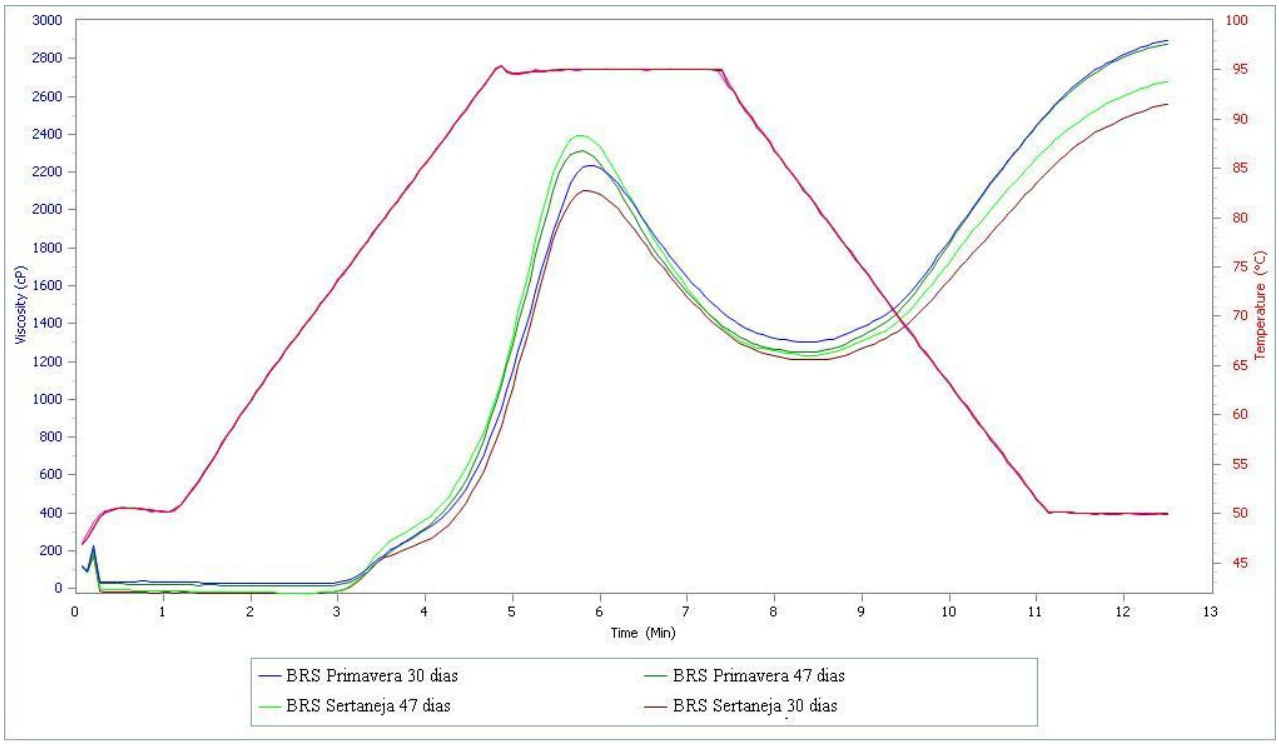
APÊNDICES

APÊNDICE A - Curva viscoamilográfica das pastas de arroz polido e parboilizado polido

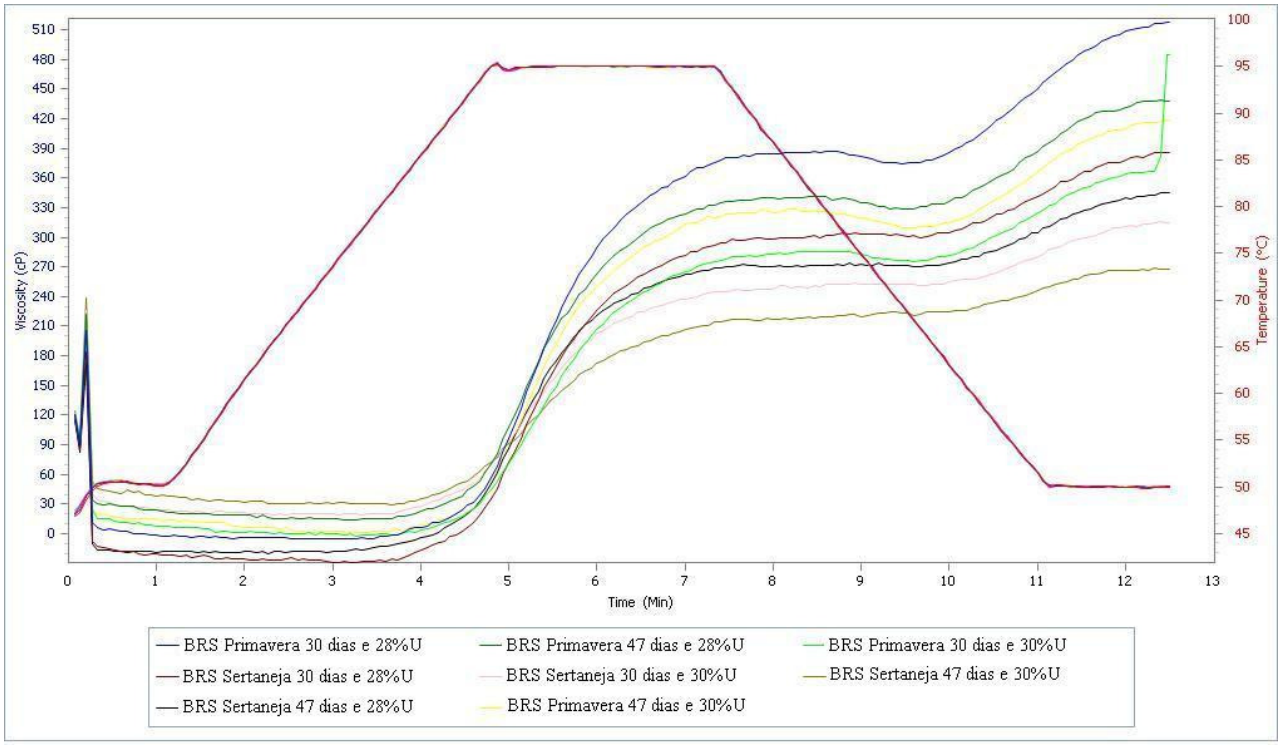
APÊNDICE B - Ficha de escala hedônica da análise sensorial

APÊNDICE C - Questionário de pesquisa de opinião

APÊNDICE A - Curva viscoamilográfica das pastas de arroz polido e parboilizado polido



Arroz polido



Arroz parboilizado polido

APÊNDICE B - Ficha de escala hedônica da análise sensorial

ESCALA HEDÔNICA

Nome: _____ Data: _____

Por favor, avalie a amostra utilizando a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou do produto, anotando a pontuação no quadro ao lado.

N° da amostra _____

9- gostei muitíssimo
8- gostei muito
7- gostei moderadamente
6- gostei ligeiramente
5- nem gostei/ nem desgostei
4- desgostei ligeiramente
3- desgostei moderadamente
2- desgostei muito
1- desgostei muitíssimo

	Pontos
Aparência	
Aroma	
Sabor	
Textura	

Descreva, por favor, o que você mais gostou e o que menos gostou na amostra, EM TERMOS GLOBAIS.

Mais gostei: _____

Menos gostei: _____

Outros comentários: _____

Com base em sua opinião sobre a amostra, indique na escala de 1 a 5 sua nota em relação a sua atitude, caso você encontrasse a amostra à venda. Se eu encontrasse este produto à venda eu:

5 - Certamente compraria
4 - Possivelmente compraria
3 - Talvez comprasse/talvez não comprasse
2 - Possivelmente não compraria
1 - Certamente não compraria

Comentários:

_____

APÊNDICE C - Questionário de pesquisa de opinião

PESQUISA DE OPINIÃO – Maio de 2009.
Responda às questões marcando um X:

01-Sexo
(a) Feminino
(b) Masculino

02-Idade
(a) Até 18 anos
(b) De 19 a 21 anos
(c) De 22 a 24 anos
(d) 25 anos ou mais

03-Se brasileiro, qual a naturalidade?
(a) Goiânia
(b) Região Metropolitana
(c) Interior de Goiás
(d) Outros Estados

04-Em que faixa situa a sua renda familiar?
(a) Até 5 salários mínimos
(b) De 5 a 10 salários mínimos
(c) De 10 a 20 salários mínimos
(d) Acima de 20 salários mínimos

05-Você tem o hábito de consumir arroz:
(a) Diariamente
(b) Pelo menos uma vez por semana
(c) Pelo menos uma vez por mês
(d) Não tenho o hábito

06-Você conhece ou já ouviu falar em arroz parboilizado?
(a) Nunca ouvi falar
(b) Já, mas nunca experimentei
(c) Já e experimentei

07-Você consumiria arroz parboilizado?
(a) Nunca
(b) Sim
(c) Dependendo do preço

08-Você costuma ter uma alimentação saudável?
(a) Não
(b) Sim
(c) Sim, de poucos alimentos

09- O que leva em consideração na hora de escolher um determinado tipo de arroz?
(a) O preço
(b) O valor nutritivo
(c) A aparência
(d) O sabor

10- Você sabia que o arroz parboilizado contém maiores teores de vitaminas e minerais em relação ao branco polido?
(a) Não
(b) Sim