

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

JULY-ANA SOUZA TAVARES

**MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE FARINHAS DE
ARROZ SUBMETIDAS À TORRAÇÃO EM MICRO-ONDAS**

Goiânia
2010

JULY-ANA SOUZA TAVARES

**MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE FARINHAS DE
ARROZ SUBMETIDAS À TORRAÇÃO EM MICRO-ONDAS**

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.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior

Co-orientadores: Dr. Eduardo da Costa Eifert

Dra. Marta de Toledo Benassi

Goiânia
2010

Dedico este trabalho aos meus pais, José Roberto e Maria Helena, e ao meu amor, Leonardo. Vocês são meus grandes incentivadores e tudo que sou e consegui dedico a vocês.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me concedido a vida e a saúde que precisava, a fé para continuar acreditando na minha capacidade e acima de tudo por iluminar meu caminho com oportunidades e pessoas que permitiram que eu chegasse até aqui...e também pelos obstáculos, que e nos fazem crescer.

Aos meus pais, José Roberto e Maria Helena, por todo amor, pelos princípios e valores que me ensinaram e que com seus exemplos de vida e esforço mostraram a mim e a meus irmãos o qual fundamental é o estudo e o trabalho com amor.

Aos meus irmãos Vinícius, Susana e Rogério pelo auxílio, torcida e companheirismo.

Ao meu noivo Leonardo, meu grande incentivador, pelo amor, atenção e pela compreensão da distância e separação (as vezes nem tão sempre compreendida neh!) que fomos obrigados a ficar devido o mestrado.

Ao Dudu, meu “filho” cachorro que, mesmo sem saber e entender, foi minha força e me deu muita resistência com seus carinhos, dependência ou qualquer um de seus gestos ingênuos.

À Universidade Federal de Goiás (UFG) pela oportunidade de estudar no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Ao Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior pela inestimável orientação, motivação amizade e pela confiança que depositou em mim.

À Embrapa Arroz e Feijão, em nome do meu co-orientador Dr. Eduardo da Costa Eifert e da Dra. Priscila Zaczuk Bassinello, pelo acompanhamento durante as análises, orientação e por tirarem minhas dúvidas durante os experimentos;

Aos funcionários do Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Embrapa Arroz e Feijão nas pessoas da MSc. Selma Nakamoto Koakuzu e MSc. Rosângela, além do restante da equipe (Edmar, Suely e Renilda) pela paciência e contribuição na realização prática das análises. Também agradeço às colegas Flávia e Diva que mesmo estando no sufoco para terminarem suas dissertações de mestrado tiveram paciência de me ensinar algumas metodologias e ajudaram durante os dias de pesquisa na Embrapa.

Ao Deivis, funcionário do Laboratório de Tecnologia de Alimentos da EA/UFG, que me ajudou muito durante as etapas do pré-teste e do processo de torração das minhas farinhas.

À todos os professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFG, pelos conhecimentos transmitidos e ajuda nesta caminhada científica.

Às amigas de mestrado Adriane, Andréia, Karla Ananias, Janaína, Ludmila e em especial a Fernanda, que foi companheira de pesquisa, conselheira e amiga nas horas difíceis e, principalmente, incentivadora para que eu terminasse este quase infidável trabalho.

À prof. Dra. Marta de Toledo Benassi, minha co-orientadora em Londrina, pela atenção, sugestões, conselhos e hospitalidade durante minha estadia naquela cidade.

À prof. Dra. Sandra Garcia, que atenciosamente realizou as análises microscópicas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de mestrado e ao Programa de Cooperação Acadêmica (PROCAD/NF) pelo financiamento da pesquisa.

À Cristal Alimentos Ltda. por disponibilizar as amostras de arroz quebrados utilizadas nos testes.

Enfim, agradeço a todos que, de certa forma, contribuíram para a realização deste trabalho e torceram por mim.

EPÍGRAFE

“O princípio da Sabedoria é o desejo autêntico de instrução, e a preocupação pela instrução é o amor. O amor é a observância das leis da Sabedoria. Por sua vez, a observância das leis é a garantia da imortalidade. E a imortalidade faz com que a pessoa fique perto de Deus. Portanto, o desejo pela Sabedoria conduz ao reino.”

(Sabedoria 6, 17-20)

“Se, a princípio, a idéia não é absurda, então não há esperança para ela.”

(Albert Einstein)

RESUMO

O arroz é um cereal consumido principalmente como grão inteiro, sendo que sua composição e de suas frações estão sujeitas às diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento. Grãos quebrados são frações de arroz gerados durante o beneficiamento e podem representar entre 14% e 60% do total dos grãos beneficiados. O processamento de grãos quebrados sob a forma de farinha é alternativa para uso deste subproduto na indústria de alimentos. As modificações térmicas, como a torração, poderiam modificar as características sensoriais da farinha de arroz devido à ocorrência de reações como a de *Maillard*, além de modificações nas características tecnológicas como capacidade de absorção e solubilidade em água, viscosidade de pasta e teor de amilose. Este trabalho objetivou verificar a influência das variáveis umidade e tempo de torra em micro-ondas sobre as características físicas (granulometria; módulo de finura; cor; viscosidade; índice de absorção de água e índice de solubilidade em água), químicas (umidade, cinzas, proteína bruta, lipídios, carboidratos e o teor de amilose) e sensorial das farinhas de arroz cruas e torradas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417. Foram também determinados a renda do benefício, rendimento de inteiros e grau de polimento dos grãos de arroz destas cultivares, além de microscopia eletrônica de varredura de algumas farinhas cruas e torradas. Foi empregado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), que inclui um fatorial de 2^2 mais 3 repetições no ponto central e 4 axiais, totalizando 11 tratamentos para cada cultivar. A cv. BRS Sertaneja apresenta maior renda do benefício, enquanto a cv. IRGA 417 possui maior rendimento de inteiros e grau de polimento. A cv. BRS Primavera possui maior porcentagem de grãos quebrados podendo ser indicada para produção de farinha. As farinhas de arroz cruas e torradas foram classificadas entre muito fina e média. A cor das farinhas cruas das três cultivares são significativamente diferentes. O processo de torra provoca o escurecimento, avermelhamento e amarelamento das farinhas torradas. A umidificação seguida de torra em micro-ondas nas farinhas de arroz das três cultivares fez diminuir a formação de pasta, a umidade, o teor protéico, lipídico e de amilose, aumentando o índice de absorção e solubilidade em água e o conteúdo de cinzas e carboidratos. O Perfil Livre permitiu diferenciar as amostras quanto a cultivar e o tempo de torra. Quanto maior o tempo, as farinhas torradas caracterizaram-se com aroma e sabor mais intenso de torrado e/ou queimado, além de granulicidade na aparência e textura.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., torração, umidificação, arroz quebrado, micro-ondas; tratamento térmico

PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORIAL CHANGES OF FLOURS OF RICE SUBMITTED TO THE TOAST IN MICROWAVE

ABSTRACT

Rice is a cereal consumed primarily as whole grain, and its composition and fractions are subject to varietal differences, environmental variations, handling, processing and storage. Broken grains of rice are fractions generated during processing and may represent between 14% and 60% of total grains. The processing of broken grains in the form of flour is an alternative to the use of this byproduct in the food industry. The thermal changes, such as toasting, could modify the sensory characteristics of rice flour due to the occurrence of reactions such as *Maillard*, and changes in the technological characteristics such as absorption capacity and water solubility, viscosity and amylose content. This research studied the influence of moisture content and toasting time in microwave on physical characteristics (size, modulus of fineness, color, viscosity, water absorption index and water solubility index) chemical (moisture, ash, crude protein, fat, carbohydrates and amylose content) and sensorial of raw rice flour and toasted of cultivars BRS Primavera, BRS Sertaneja and IRGA 417. We also determined the income benefit, whole grain and the degree of polishing of rice grains of these cultivars and scanning electron microscopy of some raw flour and toast. He was employed a Central Composite Rotational Design (CCRD), which includes a factor of 2^2 over 3 replications at the central point and axial 4, totaling 11 treatments for each cultivar. The cv. BRS Sertaneja presents higher income benefit, while cv. IRGA 417 has a higher yield of integers and degree of polish. The cv. BRS Primavera has a higher percentage of broken grains may be suitable for production of flour. The flour of raw rice and toast were placed between thin and medium. The color of the raw flours from three cultivars are significantly different. The toasting process causes the darkening, reddening and yellowing of the meal toast. The humidification followed by toasting in microwave rice flours from three cultivars did decrease the formation of paste, moisture, protein, lipid and amylose, increasing the absorption index and water solubility and ash content, and carbohydrates. The Free Profile enabled to differentiate the samples on the cultivar and time of toasting. The longer, the flour toasts were characterized with more intense flavor and aroma of toasted and / or burned, and granularity in appearance and texture.

Key words: *Oryza sativa* L., toasting, humidification, broken rice, microwave, thermal treatment

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.	Cálculo da renda do benefício	46
Equação 2.	Cálculo do rendimento de inteiros	46
Equação 3.	Cálculo do grau de polimento	46
Equação 4.	Cálculo do condicionamento da umidade.....	48
Equação 5.	Cálculo do módulo de finura	49
Equação 6.	Cálculo do índice de absorção em água	52
Equação 7.	Cálculo do índice de solubilidade em água	52
Equação 8.	Cálculo do grau de eficiência do delineamento da avaliação sensorial das farinhas de arroz torradas.....	55
Equação 9.	Fórmula geral do modelo preditivo da metodologia de superfície de resposta.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Influência do tratamento hidrotérmico com excesso de água sobre o estado do amido.....	34
Figura 2.	Fluxograma das etapas do processamento das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	47
Figura 3.	Curva típica do RVA apresentando os parâmetros comumente avaliados e viscosidade em RVU.....	51
Figura 4.	Efeito da variável tempo de torra sobre o teor de umidade das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera (a) e BRS Sertaneja (b).....	62
Figura 5.	Teor de umidade das farinhas de arroz da cv. IRGA 417 torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.....	63
Figura 6.	Teor de cinzas das farinhas de arroz da cv. BRS Primavera torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.....	65
Figura 7.	Conteúdo protéico das farinhas de arroz da cv. BRS Sertaneja torradas em micro-ondas, em função das variáveis tempo de torra e umidade.....	67
Figura 8.	Conteúdo de lipídios das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a) e BRS Sertaneja (b) torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.....	69
Figura 9.	Teor de carboidrato das farinhas de arroz da cv. BRS Sertaneja torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.....	72
Figura 10.	Curva de calibração da amilose padrão.....	73
Figura 11.	Teor de amilose das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas, em função das variáveis tempo de torra e umidade.....	76
Figura 12.	Classificação granulométrica das farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	81
Figura 13.	Módulo de finura das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.....	84
Figura 14.	Luminosidade (L*) das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.....	90
Figura 15.	Coordenada de cromaticidade a* das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.	93
Figura 16.	Coordenada de cromaticidade b* das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.....	96
Figura 17.	Efeito do tempo de torra sobre a coordenada de cromaticidade b* das farinhas de arroz da cv. IRGA 417, torradas em micro-ondas.....	97
Figura 18.	Curvas viscoamilográficas das farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	101
Figura 19.	Curvas viscoamilográficas das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c).	105

Figura 20.	Efeito do tempo de torra e da umidade na viscosidade máxima (cP) das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas.....	106
Figura 21.	Efeito do tempo de torra sobre a quebra da viscosidade (cP) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c).....	110
Figura 22.	Efeito do tempo de torra e da umidade na viscosidade final (cP) das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas.....	113
Figura 23.	Efeito do tempo de torra e da umidade na tendência à retrogradação (<i>setback</i>) (cP) das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a) e BRS Sertaneja (b) torradas em micro-ondas.....	116
Figura 24.	Efeito do tempo de torra sobre a tendência à retrogradação (<i>setback</i>) (cP) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417.....	118
Figura 25.	IAA das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas, em função das variáveis tempo de torra e umidade.....	124
Figura 26.	Efeito do tempo de torra e da umidade sobre o ISA das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c)..	128
Figura 27.	Micrografias eletrônicas de varredura das farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Primavera (A), BRS Sertaneja (B) e IRGA 417 (C), visualizadas em aumento de 2000x.....	130
Figura 28.	Micrografia eletrônica de varredura das farinhas de arroz torradas. Farinha da cv. BRS Primavera: A) Ensaio 1 e B) Ensaio 6; Farinha da cv. BRS Sertaneja: C) Ensaio 1 e D) Ensaio 6; Farinha da cv. IRGA 417: E) Ensaio 1, F) Ensaio 6 e G) Ensaio 9. Todos com aumento de 2000x. Os ensaios 1 correspondem ao tempo de torra de 10 min e umidade de 14,3 g (100 g) ⁻¹ , ensaios 6 ao tempo de torra de 22 min e umidade de 18,7 g (100 g) ⁻¹ e ensaio 9 ao tempo de torra de 15 min e umidade de 18,7 g (100 g) ⁻¹	132
Figura 29.	Micrografia eletrônica de varredura de farinha de arroz extrusada da cv. BRS Primavera, com aumento de 1000x (Fonte: arquivo próprio).....	134
Figura 30.	Consenso das amostras das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 no teste de Perfil Livre.....	135
Figura 31.	Configuração geral dos provadores do teste de Perfil livre das farinhas de arroz torradas.....	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Classificação do arroz em relação ao grupo e subgrupo.....	22
Tabela 2.	Composição química e energética de quíleras de diferentes granulometrias.....	29
Tabela 3.	Delineamento experimental com os valores codificados e valores reais das variáveis umidade [g (100 g)^{-1}] e tempo de torra (min) das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	48
Tabela 4.	Classificação do teor de amilose em arroz.....	54
Tabela 5.	Delineamento experimental do teste sensorial de Perfil Livre das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	55
Tabela 6.	Composição centesimal, em base seca, das farinhas de arroz cruas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417	59
Tabela 7.	Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação (R^2) dos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417....	61
Tabela 8.	Percentual médio de amilose (b.s) das farinhas de arroz cruas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	74
Tabela 9.	Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação do teor de amilose (%) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	74
Tabela 10.	Renda de beneficiamento, rendimento de grãos inteiros e grau de polimento das cvs. de arroz BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	79
Tabela 11.	Módulo de finura das farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	82
Tabela 12.	Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação (R^2) do módulo de finura (MF) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (min) e umidade [g (100 g)^{-1}]	82
Tabela 13.	Luminosidade (L^*) e coordenadas de cromaticidade a^* e b^* das farinhas de arroz cruas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 *	87
Tabela 14.	Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação (R^2) dos parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra e umidade.....	88
Tabela 15.	Análise viscoamilográfica das farinhas de arroz cruas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	100
Tabela 16.	Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação (R^2) da viscosidade máxima (VM), quebra de viscosidade (QV), viscosidade final (VF) e tendência à retrogradação (TR) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (min) e umidade [g (100 g)^{-1}].....	103

Tabela 17.	Índice de absorção em água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas de arroz cruas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417	121
Tabela 18.	Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação (R^2) do Índice de Absorção de Água (IAA) e Índice de Solubilidade em Água (ISA) para as farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	123
Tabela 19.	Porcentagem de explicação bidimensional do teste de Perfil Livre das farinhas torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417....	135

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A1.	Composição centesimal, em [g (100 g) ⁻¹], das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	162
Apêndice A2.	Parâmetros estatísticos da ANOVA e média dos componentes químicos das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera e IRGA 417 que não obtiveram modelos de regressão significativos.....	163
Apêndice A3.	Modelo de regressão completo e análise de variância o conteúdo de umidade das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	164
Apêndice A4.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de umidade das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	165
Apêndice A5.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de umidade das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	166
Apêndice A6.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de cinzas das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	167
Apêndice A7.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de cinzas das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	168
Apêndice A8.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de cinzas das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	169
Apêndice A9.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de proteína das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	170
Apêndice A10.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de proteína das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	171
Apêndice A11.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de proteína das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	172
Apêndice A12.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de lipídio das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade	

	(x2).....	173
Apêndice A13.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de lipídio das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	174
Apêndice A14.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de lipídio das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	175
Apêndice A15.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de carboidrato das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	176
Apêndice A16.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de carboidrato das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	177
Apêndice A17.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de carboidrato das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	178
Apêndice B1.	Teor de amilose, em porcentagem (%), das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (min) e umidade [g (100 g) ⁻¹].....	179
Apêndice B2.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de amilose (TA) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	180
Apêndice B3.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de amilose (TA) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	181
Apêndice B4.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de amilose (TA) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	182
Apêndice C1.	Granulometria, em porcentagem (%), das farinhas torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	183
Apêndice C2.	Módulo de finura (MF) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.....	184
Apêndice C3.	Modelo de regressão completo e análise de variância do módulo de finura das farinhas torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	185
Apêndice C4.	Modelo de regressão completo e análise de variância do módulo de finura das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	186

Apêndice C5.	Modelo de regressão completo e análise de variância do módulo de finura das farinhas torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	187
Apêndice D1.	Parâmetros instrumentais de cor das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (min) e umidade [g (100 g) ⁻¹].....	188
Apêndice D2.	Farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c). Ensaio 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11, respectivamente, sendo de cima para baixo e da esquerda para direita.....	189
Apêndice D3.	Modelo de regressão completo e análise de variância da Luminosidade das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	190
Apêndice D4.	Modelo de regressão completo e análise de variância da Luminosidade das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	191
Apêndice D5.	Modelo de regressão completo e análise de variância da Luminosidade das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	192
Apêndice D6.	Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade a* das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	193
Apêndice D7.	Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade a* das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	194
Apêndice D8.	Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade a* das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).	195
Apêndice D9.	Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade b* das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).	196
Apêndice D10.	Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade b* das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).	197
Apêndice D11.	Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade b* das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (x1) e umidade (x2).	198

Apêndice E1.	Análise viscoamilográfica das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (min) e umidade [g (100 g) ⁻¹].	199
Apêndice E2.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade máxima (Pico) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).	200
Apêndice E3.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade máxima (Pico) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).	201
Apêndice E4.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade máxima (Pico) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).	202
Apêndice E5.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a quebra da viscosidade (<i>breakdown</i>) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).	203
Apêndice E6.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a quebra da viscosidade (<i>breakdown</i>) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).	204
Apêndice E7.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a quebra da viscosidade (<i>breakdown</i>) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).	205
Apêndice E8.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade final das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).	206
Apêndice E9.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade final das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).	207
Apêndice E10.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade final das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).	208
Apêndice E11.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a tendência à retrogradação (<i>setback</i>) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).	209
Apêndice E12.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a tendência à retrogradação (<i>setback</i>) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de	

	torra (x1) e umidade (x2).....	210
Apêndice E13.	Modelo de regressão completo e análise de variância para a tendência à retrogradação (<i>setback</i>) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	211
Apêndice F1.	Índice de Absorção em Água (IAA) [g gel (g MS) ⁻¹] e do Índice de Solubilidade em Água (ISA) (%) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (min) e umidade [g (100 g) ⁻¹].....	212
Apêndice F2.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Absorção em Água (IAA) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	213
Apêndice F3.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Absorção em Água (IAA) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	214
Apêndice F4.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Absorção em Água (IAA) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	215
Apêndice F5.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Solubilidade em Água (ISA) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	216
Apêndice F6.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Solubilidade em Água (ISA) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	217
Apêndice F7.	Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Solubilidade em Água (ISA) das farinhas de arroz torradas das cvs. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x1) e umidade (x2).....	218
Apêndice G1.	Ficha modelo para avaliação das farinhas de arroz torradas pelo método de Perfil Livre.....	219

LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES

a. C – antes de Cristo
AACC – American Association of Cereal Chemists
ADQ - Análise Descritiva Quantitativa
AOAC – Association of Official Analytical Chemists
b.s. – base seca
cm – centímetro
CNNPA – Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
CNPAF - Centro Nacional de Pesquisa em Arroz e Feijão
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
cP - centipoise
c.v – cultivar
DCCR – Delineamento Composto Central Rotacional
FA – falta de ajuste
FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
g – gramas
GP – Grau de Polimento
GPA - Análise Procrustes Generalizada
h – hora
ha – hectare
IAA – Índice de Absorção de Água
IRGA - Instituto Rio Grandense de Arroz
ISA – Índice de Solubilidade em Água
Kv – quilovolt
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura
MF - Módulo de Finura
mg – miligrama
MHz – mega-hertz
min – minutos
mL – mililitros
MS – massa seca
MSR – Metodologia de Superfície de Resposta
 μm – milímetros
m/v – massa por volume
N – normal
NAOH – hidróxido de sódio
nm – nanômetro
PEBD – Polietileno de Baixa Densidade
pH - potencial hidrogeniônico
Q.M. – quadrado médio
rpm – rotação por min
RVA - *Rapid Visco Analyser*
RVU – unidades rápido viscoamilográficas
s – segundos
TA – Teor de amilose
W – watt

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1	IMPORTÂNCIA DO ARROZ.....	22
2.2	CULTIVARES DE ARROZ.....	24
2.3	BENEFICIAMENTO DO ARROZ.....	26
2.4	FARINHA DE ARROZ	28
2.5	AMIDOS E FARINHAS MODIFICADOS.....	30
2.6	MICRO-ONDAS.....	36
2.7	TORRAÇÃO.....	39
2.8	PERFIL LIVRE.....	41
3	OBJETIVOS.....	44
3.1	OBJETIVO GERAL.....	44
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	44
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4.1	MATERIAL.....	45
4.2	MÉTODOS.....	45
4.2.1	Beneficiamento dos grãos e cálculo da renda do beneficiamento, do rendimento de grãos inteiros e do grau de polimento.....	45
4.2.2	Processo de obtenção das farinhas de arroz e delineamento experimental da torração em micro-ondas.....	46
4.2.3	Granulometria e módulo de finura	49
4.2.4	Cor.....	49
4.2.5	Análise viscoamilográfica.....	50
4.2.6	Índices de absorção em água e solubilidade em água.....	51
4.2.7	Microscopia eletrônica de varredura das farinhas.....	52
4.2.8	Composição Centesimal	53
4.2.9	Teor de amilose.....	53
4.2.10	Análise Sensorial das farinhas torradas.....	54
4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	56
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
5.1	ANÁLISES QUÍMICAS DAS FARINHAS TORRADAS E CRUAS.....	58
5.1.1	Composição centesimal.....	58
5.1.1.1	Farinhas de arroz cruas.....	58
5.1.1.2	Farinhas de arroz torradas.....	61
5.1.2	Teor de Amilose.....	73
5.2	ANÁLISES FÍSICAS DOS GRÃOS DE ARROZ E DAS FARINHAS.....	79
5.2.1	Renda do beneficiamento, rendimento de grãos inteiros e grau de polimento.....	79
5.2.2	Granulometria e módulo de finura.....	80
5.2.3	Cor.....	86
5.2.3.1	Luminosidade (L*) das farinhas torradas.....	89
5.2.3.2	Coordenada de cromaticidade a* das farinhas torradas.....	92
5.2.3.3	Coordenada de cromaticidade b* das farinhas torradas.....	95
5.2.4	Análise viscoamilográfica.....	99

5.2.4.1	Viscosidade Máxima (Pico) das farinhas torradas.....	104
5.2.4.2	Quebra da viscosidade (<i>breakdown</i>) das farinhas torradas.....	109
5.2.4.3	Viscosidade Final.....	112
5.2.4.4	Tendência à retrogradação (<i>setback</i>).....	115
5.2.5	Índices de absorção em água e solubilidade em água.....	121
5.2.6	Microscopia eletrônica de varredura das farinhas	130
5.3	ANÁLISE SENSORIAL DAS FARINHAS TORRADAS.....	134
6	CONCLUSÕES.....	141
	REFERÊNCIAS.....	143
	APÊNDICES.....	162

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal consumido em todo o mundo, sendo a base energética da alimentação humana, constituindo cerca de 23% das calorias diárias totais e cerca de 14% das proteínas (FERREIRA; DE VILLAR, 2004; KHUSH, 2003). Este cereal se destaca pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto em nível econômico quanto social para os povos das nações mais populosas da Ásia, África e América Latina. O arroz é uma cultura que apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições de solo e clima, sendo a espécie com maior potencial de aumento de produção e, possivelmente, de combate à fome no mundo (EMBRAPA, 2008).

O Brasil está entre os dez maiores produtores do mundo de arroz, sendo o maior produtor da América do Sul. A área cultivada no Brasil com as principais culturas (algodão, amendoim, arroz, feijão, girassol, mamona, milho, soja, etc) é estimada para 2010 em 47,65 milhões de ha, equivalendo a mesma área plantada em 2008/09. A produção de alimentos, atualmente estimada em 143,95 milhões de toneladas, é de 6,5%, ou 8,82 milhões de toneladas superior ao volume de 135,13 milhões de toneladas produzidas em 2008/09 no país. As culturas de arroz, milho e soja respondem por 81,5 % da área plantada do Brasil.

Entre as grandes regiões, os volumes da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas, a região Sul é a primeira em produção com 60,8 milhões de toneladas (16,1%) e a região Centro-Oeste a segunda, com 49,9 milhões de toneladas (2,2%) produzidas (CONAB, 2010). A região Centro-Oeste possui elevado potencial de expansão agrícola devido à sua grande área territorial, contudo boa parte é coberta por pastagens degradadas e exploradas pela pecuária extensiva (CRUSCIOL et al., 2003). Nesta região a forma de cultivo de arroz predominante é pelo sistema de terras altas.

Cultivares de arroz com melhores características agronômicas são uma realidade hoje em dia graças às constantes pesquisas de geneticistas. A cultivar de terras altas BRS Sertaneja tem como característica boas qualidades de panela e cocção, enquanto que a BRS Primavera é muito aceita pelos consumidores e indústrias devido, principalmente, as suas ótimas características de cocção e aspectos dos grãos (BRESEGHELLO et al., 2006). Entre as variedades irrigadas, a mais plantada no Brasil é a IRGA 417, que possui grãos longos e ótima produtividade agrícola (IRGA, 2008). As cultivares de arroz de um modo geral apresentam rendimento diferenciado 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 (RIBEIRO et al., 2006; SILVA; FONSECA, 2004).

Grãos quebrados são frações de arroz gerados durante o beneficiamento, que dependendo da cultivar, época de colheita e temperatura de secagem pode representar entre 14% e 60% do total dos grãos submetidos ao processo de beneficiamento. A quirera, que é uma outra fração dos grãos de arroz quebrados no beneficiamento, possui composição química muito semelhante ao grão inteiro de arroz polido. Este subproduto, no entanto, é normalmente rejeitado obtendo apenas a quinta parte do valor comercial obtido pelo grão de arroz inteiro, o que gera grande perda econômica para o setor arrozeiro do país (LIMBERGER et al., 2008).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) a safra brasileira 2009/2010 produzirá cerca de 11.5 milhões de toneladas de arroz (CONAB, 2010) o que representa no mínimo 1,6 milhão de toneladas de grãos quebrados de arroz produzidos somente no período de um ano. Uma das alternativas para agregar valor a esse subproduto do beneficiamento do arroz e minimizar as perdas econômicas para indústria arroseira seria a produção de farinhas (CARVALHO; VIEIRA, 1999).

O amido do arroz é fino, não alergênico, branco, com sabor suave e por isso a farinha de arroz, que possui em torno de 90% de amido, pode ser empregada em panificação e docerias (CARVALHO; BASSINELLO, 2006). Modificações físicas, como a torração em micro-ondas, poderiam alterar as características físicas, químicas e sensoriais da farinha de arroz o que permitiria ampliar sua utilização como ingrediente na indústria de alimentos, com a geração de produtos diferenciados quanto à cor, sabor, aroma e características tecnológicas.

Assim, este trabalho almeja avaliar as mudanças físicas, químicas e sensoriais em farinhas de arroz, das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, umidificadas e processadas em forno micro-ondas em diferentes tempos de torra.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DO ARROZ

O arroz é um dos alimentos mais antigos produzidos pelo homem, existindo menção de sua semeadura na China em 3000 a.C. (ZHAI et al., 2001), sendo que sua domesticação provavelmente tenha ocorrido neste país e, independentemente, na Índia e na Indonésia (JULIANO, 1993). O grão de arroz é o principal alimento para quinze países na Ásia e Pacífico e dez países na América Latina, com uma produção mundial de 650,2 milhões de toneladas (FAO, 2008).

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). O Brasil, com 12,5 milhões de toneladas produzidas na safra 2008/09 é o principal produtor de arroz fora do continente asiático, ocupando a décima posição no *ranking* mundial. O Rio Grande do Sul responde por 62% da produção nacional deste cereal, sendo que o restante da produção é dividida entre as regiões Nordeste e Centro-Oeste (CONAB, 2010).

O arroz é um cereal consumido principalmente como grão inteiro, constituído de diferentes tecidos, com estrutura, composição e funções bastante diferenciadas (VIEIRA; RABELO, 2006). No Brasil, a Portaria nº 269 de 17 de novembro de 1988 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabelece classificação e os critérios para definir e comercializar o arroz (MAPA, 1998), como apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do arroz em relação ao grupo e subgrupo.

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

Fonte: MAPA (1988).

A composição do grão de arroz e de suas frações estão sujeitas às diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento, produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas. Além disso, os nutrientes não estão uniformemente distribuídos nas diferentes frações do grão. As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibras, 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 as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

O amido, um polissacarídeo cujas moléculas de glicose podem estar organizadas em cadeias de forma linear, compondo a amilose, ou de modo ramificado, dando origem a amilopectina, é o principal constituinte do arroz. O teor de amilose está correlacionado com as propriedades texturais do grão, tais como maciez, brilho, cor, coesão e volume de expansão. No arroz beneficiado o amido constitui 90% do peso seco. Além de sua importância nutricional o amido apresenta importante papel tecnológico em alimentos processados (PINHEIRO, 2005; FRANCO et al., 2002). O grão de arroz também possui, além do amido, outros carboidratos como açúcares livres e fibras (JULIANO, 1993). A concentração de amido no arroz pode variar devido a fatores genéticos e de processamento, sendo este maior no arroz branco ou polido (87,58%) e no parboilizado polido (85,08%) comparado ao integral (74,12%), devido à remoção do farelo (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

O conteúdo protéico do arroz também pode ser influenciado por características genotípicas, pela adubação nitrogenada, fatores climáticos e ambientais, pelo estágio de maturação do grão, e pelo grau de polimento do beneficiamento (JULIANO; BECHTEL, 1985). O teor de proteína é considerado baixo, em média 7%. Entretanto, observa-se grande variação na concentração desse nutriente neste grão, com valores entre 4,3% e 18,2%. As proteínas possuem perfil de aminoácidos essenciais mais adequado em termos nutricionais que o de outros cereais como o milho comum e o trigo. A mistura de arroz com o feijão proporciona proteínas de valor biológicos acima de 80%. Isso porque os aminoácidos existentes nos dois alimentos se complementam (EMBRAPA, 2010).

O arroz possui concentração muito baixa de lipídios, sendo que um terço é encontrado no gérmen, mas também concentra-se na camada de aleurona. Assim, a concentração de lipídios é maior no arroz integral, sendo reduzida com o polimento, geralmente observando-se

concentrações inferiores a 1% no arroz polido (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). O farelo de arroz, no entanto, chega a possuir até 20% de lipídios (EMBRAPA, 2010).

Em relação às fibras, o grão de arroz polido, consumido pela maioria da população brasileira, apresenta baixa quantidade de fibras. Isso porque durante o processo de polimento grande parte das fibras do grão de arroz é perdida. Porém, essa quantidade de fibra não pode ser desprezada e o consumo diário de arroz pode suprir um percentual considerável desse nutriente da alimentação humana. Assim, o arroz integral apresenta maior quantidade de fibras chegando a 3,5% (frente a 1,7% do arroz polido) (EMBRAPA, 2010).

2.2 CULTIVARES DE ARROZ

O arroz é uma espécie hidrófila, ou seja, que se desenvolve bem na água. Contudo, adaptações às diversas condições ambientais vêm modificando esta condição hidrófila ao longo do processo evolutivo. Hoje existem dois ecossistemas onde essa cultura pode se desenvolver, o de várzeas e o de terras altas, popularmente conhecido como arroz de sequeiro (GUIMARÃES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2006).

A orizicultura, em sistema de várzea, está presente em todas as regiões brasileiras, sendo responsável por 65% da produção nacional. De um modo geral é implantada em solos planos, o que favorece as inundações nos períodos de chuva (EBERHARDT; NOLDIN, 2003). Portanto, o sistema de cultivo irrigado requer disponibilidade de água, condições climáticas ideais e grande extensão territorial para seu cultivo (SANTOS; RABELO, 2008). A cv. IRGA 417 é uma grande representante do sistema de várzea, possuindo grãos longos e finos, com aparência vítrea e alto teor de amilose, o que lhe confere boa aceitação após o cozimento (IRGA, 2008).

No Brasil o cultivo de arroz de terras altas é mais encontrado na região Centro-oeste, caracterizando-se por menor produtividade, mas que vem apresentando melhorias devido ao desenvolvimento tecnológico (FERREIRA et al., 2005; GUIMARÃES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2006). Nesse tipo de cultivo o arroz pode ou não ser irrigado (aspersão), sendo que no primeiro caso ocorre dependência das chuvas. Caso seja irrigado por aspersão, o arroz de terras altas pode ter sua produtividade aumentada, devido ao maior controle das tecnologias e das variações de clima, resultando em melhor manejo da cultura. No entanto, apesar do uso de irrigação por

aspersão poder melhorar a produtividade, ainda existe dependência do potencial produtivo da cultivar utilizada (ARF et al., 2002).

Novas cultivares foram geradas, visando melhorar a rusticidade e a resistência às pragas. A denominação “terras altas”, utilizada inicialmente pela Embrapa, surgiu em substituição ao de “sequeiro”, pois inicialmente esse tipo de sistema foi utilizado para desbravar o cerrado em relação à orizicultura. Como esse sistema utilizou baixa tecnologia, na época apresentou baixa produtividade e a nova denominação veio para tentar quebrar esse estigma, de que arroz que não é de várzea possui baixa produtividade e dá lucro menor (FERREIRA; YOKOYAMA, 1999).

O cultivo de arroz pelo sistema de terras altas apresenta grãos com boa qualidade e classificação comercial, devido melhoramento genético, sendo expressa pelo maior rendimento de inteiros, melhor classificação em relação ao tamanho do grão (longo, longo-fino, etc) e possui menor frequência de defeitos. Com rendimento em torno de 12-15 t ha⁻¹ as novas cultivares de arroz de terras altas são um cruzamento entre os grupos Japônica e Tropical, resultando em grãos com características de amido (conteúdo de amilose e temperatura de gelatinização) bem próximas às do arroz irrigado (MORAIS et al., 2004; FERREIRA; PINHEIRO, 2003).

Uma boa referência nacional da cultura de arroz em terras altas é a cv. BRS Primavera, lançada em 1996 com o objetivo de atender aos padrões de qualidade, principalmente para comportamento na panela. Esta é uma cultivar precoce de grãos longo-fino, com teor de amilose intermediário, atributo que lhe confere grãos macios e soltos após o cozimento, tendo problemas agrônômicos como fator negativo, tais como o acamamento e alta incidência da brusone, mas como ponto positivo a cv. BRS Primavera pode ser consumida logo após a colheita, pois seus grãos já apresentam boas características no pós-colheita inicial e não necessitam de armazenamento (PINHEIRO, 2005; LANNA; FERREIRA; BARRIGOSI, 2003).

A BRS Sertaneja é outra cultivar de terras altas, lançada em 2006 como tentativa de resolver os principais problemas agrônômicos da cv. BRS Primavera. Caracteriza-se por ser uma cultivar precoce, de grãos longo-finos, destacando-se por seu alto rendimento de grãos inteiros. Assemelha-se à cv. BRS Primavera também em relação às propriedades de cocção e “qualidade de panela” (BRESEGHELLO et al., 2006).

É importante ressaltar que não existe cultivar de arroz ideal, e sim cultivares com qualidades diferenciadas que devem ser exploradas corretamente para a obtenção de melhores resultados (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998).

2.3 BENEFICIAMENTO DO ARROZ

A cadeia produtiva do arroz enfrenta vários problemas apesar de atualmente estar extremamente tecnificada. Um dos problemas mais sérios é o grande volume de resíduos e subprodutos gerados pelo seu beneficiamento, os quais apresentam baixo valor comercial. A quirera de arroz, e os outros grãos quebrados, possuem apenas a quinta parte do valor do grão de arroz inteiro e a alta ocorrência destes é um sério problema econômico para a indústria arroseira, uma vez que esses subprodutos, pelas suas características físicas, e não necessariamente pelas nutricionais, são rejeitados para consumo humano e destinados ao trato de animais ou indústria cervejeira (LIMBERGER et al., 2008).

As etapas do beneficiamento do arroz são a pré-limpeza e limpeza, o descascamento, o polimento, a separação de grãos quebrados e com defeitos e a embalagem (CNNPA, 1988). Para a população brasileira o arroz polido ainda é a principal forma de consumo deste cereal, mas as preferências na forma de consumo são bastante diversificadas, variando de país para país ou, até mesmo, em função de usos e costumes regionais ou locais (VIEIRA; CARVALHO, 1999).

O arroz polido é obtido a partir do polimento do grão integral, por meio de máquinas que provocam atrito dos grãos, removendo o gérmen e proporções variáveis das camadas externas de seu endosperma, originando o farelo e o arroz polido (BASSINELLO; CASTRO, 2004).

A pré-limpeza, assim como a limpeza do arroz em casca, são as etapas iniciais do beneficiamento, sendo realizada por máquinas de ar e peneiras, com o objetivo de eliminar as impurezas e matérias estranhas (AMATO; ELIAS, 2005). Essa máquina possui, ainda, um sistema de ventilação que aspira, ou sopra, as impurezas mais leves separando-as dos grãos (BRAGANTINI, 1999). Para obtenção do produto beneficiado polido, o arroz é submetido ao descascamento, sendo que a casca representa, aproximadamente, entre 20 e 22% do peso total do grão. Em seguida, o grão descascado integral é brunido, ou seja, polido, retirando-se o embrião (total ou parcialmente) e a maior parte da película que recobre o grão. Os subprodutos desse beneficiamento são o farelo, que representa cerca de 8% do grão em casca ou 10% do produto descascado (CASTRO et al., 1999) e os grãos quebrados, representando 14% dos grãos com casca, podendo chegar até 60% (LIMBERGER et al., 2008).

O polimento é definido como uma operação que remove a camada do farelo (REID; SIEBENMORGEN; MAUROMOUSTAKOS, 1998). De acordo com Amato e Elias (2005), 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 ser completo, utilizando uma máquina de fricção e removendo os grãos quebrados e/ou danificados, com o posterior empacotamento (VIEIRA; RABELO, 2006).

Após o polimento ocorre a separação de grãos quebrados em cilindros rotativos inclinados, cujas paredes laterais contêm pequenos alvéolos, de dimensões que permitem acomodar partes menores que três quartos do comprimento de grãos inteiros, até uma determinada posição, sendo recolhidos por uma rosca transportadora. Os grãos inteiros e maiores que três quartos permanecem deslizando na superfície do cilindro e são retirados na outra extremidade do equipamento (ROCHA; MARSAIOLI JUNIOR, 1998).

A Portaria nº 269, de 17 de novembro de 1988, define que os fragmentos de grãos de arroz beneficiado podem ser classificados em quebrado e quirera, diferindo quanto à granulometria dos mesmos. Grãos quebrados são pedaços de arroz descascado e polido que apresentam comprimento inferior a três quartas partes do comprimento mínimo da classe a que pertence e que ficam retidos em peneira de furos circulares de 1,6 µm de diâmetro. A quirera vaza em peneira com furos desse diâmetro (MAPA, 1988).

A renda do beneficiamento é obtida pelo somatório de grãos inteiros e quebrados obtidos após o processo. Segundo Menezes et al. (1997) a diminuição da renda do benefício ocorre quanto mais grãos quebrados são originados, pois estes são facilmente eliminados juntamente com a casca e o farelo durante o processo de beneficiamento.

A separação dos grãos e outras impurezas de coloração escura ocorrem quando esses, ao passarem pelos dutos de escolha, são identificados por um sensor foto elétrico durante a seleção eletrônica. Depois de identificados estes são separados por aplicação de pequeno jato de ar comprimido. Com essa etapa separam-se os grãos danificados, escuros e outras impurezas de coloração escura que não apresentam diferença de peso em relação ao grão de arroz inteiro (ROCHA; MARSAIOLI JUNIOR, 1998).

O rendimento de grãos inteiros, as dimensões e os aspectos do grão são características consideradas essenciais para determinação de qualidade do arroz. O rendimento refere-se ao percentual de inteiros resultante do beneficiamento do arroz em casca, e uma renda total boa gira

em torno de 68%, isto é, um rendimento de 40% de grãos inteiros e 28% de grãos quebrados (PINHEIRO, 2005).

Conforme Castro et al. (1999), além do manejo dos equipamentos, a quebra do grão de arroz no beneficiamento ocorre por razões inerentes ao próprio grão. Esses podem conter problemas como serem gessados, mal formados ou danificados, sendo conseqüentemente, mais susceptíveis a fragmentação durante o descascamento e o polimento. Assim, a geração de grãos quebrados está intimamente relacionada com o desenvolvimento de estresse e pressão no interior destes devido à absorção de umidade, levando a formação de fissuras e rachaduras que geralmente resultam na quebra do grão (WANG et al., 2002). A proporção de grãos inteiros e quebrados gerados durante o beneficiamento, portanto, está relacionada com a umidade com que estes são colhidos, sendo benéfico entre 20-24%, com posterior secagem até atingirem 13% de umidade (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998).

2.4 FARINHA DE ARROZ

A Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA) nº 12, de julho de 1978, define farinha como o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo este sofrer previamente processos tecnológicos adequados. De acordo com essa mesma Resolução, farinha de arroz é o produto obtido pela moagem do grão de arroz (*Oryza sativa* L.) beneficiado (CNNPA, 1978).

A quirera de arroz (conjunto de fragmentos de grãos gerados após o polimento que passam em peneira com 1,6 µm de diâmetro), assim como os grãos quebrados (que ficam na peneira citada e que foram utilizados neste trabalho), são alimentos de grande valor nutricional, altamente energéticos, ricos em proteínas, sais minerais e cujas composições variam pouco em função de sua granulometria segundo Lima et al. (2008) (Tabela 2). A quirera e os outros grãos quebrados são similares à composição do grão de arroz polido, com aproximadamente 88% de amido (COFFMAN; JULIANO, 1987), podendo ser destinada à produção de farinha de arroz.

Tabela 2. Composição química e energética de quireras de arroz com diferentes granulometrias.

Componente	GRANULOMETRIA		
	Fina (964 μm)	Média (1598 μm)	Grossa (3197 μm)
Matéria seca (%)	86,68	86,20	86,32
Proteína bruta (%)	7,71	8,04	8,72
Fibra bruta (%)	0,48	0,42	0,61
Cinza (%)	0,53	0,43	0,53
Energia (kcal)	3711	3686	3687

Fonte: adaptado de Lima et al. (2008).

O amido purificado apresenta custo mais elevado que o da farinha para o mesmo cereal. LUNDUBWONG e SEIB (2000) e SHIH et al. (1999) estudaram métodos de isolamento do amido de arroz de forma a otimizar o processo. Conforme tais autores, a separação das proteínas do amido de arroz requer tratamento alcalino, detergente ou enzimático (protease), cujo custo inviabiliza o uso do amido de arroz. De acordo com LUNDUBWONG e SEIB (2000), a utilização tanto de álcali como de detergentes aniônicos resultou em amido com alta pureza. No entanto, esse procedimento gera grande quantidade de efluentes. Já o tratamento que utiliza protease requer 38 °C por 24 h para liberação do amido. O alto tempo de reação tornou o processo muito caro, além de intensificar os problemas de contaminação microbiológica.

Conforme Limberger et al. (2008), apesar do menor custo, a farinha de arroz não conta com volume de produção expressiva, por não apresentar aplicação competitiva em relação ao trigo. Entretanto, suas características especiais deveriam ser melhor exploradas. Por exemplo, não é alergênico, existem variedades com ampla faixa de teor de amilose, o que permite a seleção de acordo com a finalidade, não é tóxico para portadores de doença celíaca, podendo ser utilizado como substituto do trigo na elaboração de produtos sem glúten, o pequeno tamanho dos grânulos de amido proporciona aos produtos textura extremamente suave após o cozimento e sabor brando (POLANCO et al., 1995), além de baixos níveis de sódio e alta proporção de amidos facilmente digeríveis (TORRES et al., 1999).

As farinhas de arroz de diferentes cultivares vêm sendo utilizadas para atender necessidades especiais da indústria ou do consumidor, sendo integrante, como farinha modificada, de alimentos para bebês, produtos cárneos, formulação de panquecas e waffles, entre outros. Devido às características peculiares a farinha de arroz ceroso, que tem alto teor de amilopectina, pode ser útil na produção de molhos congelados. Além disso, é excelente agente de separação de

massas de biscoitos refrigerados, devido sua baixa capacidade de absorção de umidade (LIMBERGER et al., 2008; CARVALHO; BASSINELLO, 2006)

Sendo a farinha de arroz um ingrediente promissor na indústria alimentícia e levando-se em consideração que no Brasil esse ingrediente não possui uma linha de produtos bem-definida, surge a oportunidade de desenvolver produtos diferenciados. Sabe-se que a qualidade está diretamente relacionada com o desenvolvimento de novos produtos, que atualmente é um processo cada vez mais crítico quando se trata da competitividade. Isso devido, principalmente, às tendências de crescente globalização da economia, aumento da diversidade e variedade de produtos e redução do ciclo de vida dos produtos no mercado. Esses aspectos são indicativos da necessidade de uma estratégia para ampliar o mercado a partir de matérias-primas de uso tradicional, como o arroz, por meio do desenvolvimento de farinhas que tenham diferentes propriedades funcionais para poderem ser aplicadas em produtos e formulações, ou que possam ser moldadas para alimentos de conveniência ou para fins especiais (DORS; CASTIGLIONI, AUGUSTO-RUIZ, 2006).

2.5 AMIDOS E FARINHAS MODIFICADOS

A substituição do amido pela farinha representa alternativa viável para atender a expansão da demanda por produtos amiláceos modificados quimicamente. Além de mais econômica, algumas farinhas apresentam elevados teores de amido. Contudo, a quantidade de farinha modificada utilizada é pequena em relação ao amido, especialmente, pela sua maior viscosidade de pasta (NABESHIMA; EL-DASH, 2004).

O arroz não constitui fonte primária de amido modificado, já que na maioria das vezes é consumido na forma de grãos inteiros, o que justifica a escassa quantidade de informações disponíveis sobre esta matéria-prima. Deve-se considerar a utilização dos subprodutos do arroz como alternativas mais econômicas, e que a indústria de alimentos precisa de produtos amiláceos com diferentes propriedades funcionais. A modificação do amido natural tem se mostrado importante fator no crescimento do mercado de produtos amiláceos devido à capacidade de espessamento, de ligação, formação de gel e textura. O uso de amidos não-modificados é limitado na indústria de alimentos, pois intumescem com relativa facilidade e rompem com a mínima

injúria. Além disso, produzem estrutura fraca, pasta coesiva ou géis indesejáveis (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

Algumas propriedades funcionais ímpares do arroz, como a capacidade de carrear *flavor*, sua hipoalergenicidade e aroma e sabor suave, o fazem desejável para ser utilizado em como ingredientes em produtos (BRYANT et al., 2001). Neste sentido a farinha de arroz tem sido amplamente utilizada em produtos manufaturados como pudins, alimentos infantis, cereais matinais ou em combinação com produtos cárnicos e em produtos congelados (AUGUSTO-RUIZ et al., 2003; WANG et al., 2002), podendo-se optar pelas farinhas de arroz modificadas dependendo da características que se deseja conferir ao produto final.

O amido é o mais abundante carboidrato de reserva em plantas, sendo um importante meio de se obter energia na alimentação humana. Este carboidrato ocorre na natureza como grânulos cristalinos, compostos por uma mistura de dois polissacarídeos chamados de amilose e a amilopectina (THARANATHAN, 2005; SANDHU; SINGH; KAUR, 2004). É empregado pela indústria alimentícia como ingrediente em alimentos processados, sendo esta uma de suas principais áreas de aplicação. Quando novos produtos são desenvolvidos, amidos com propriedades específicas são utilizados para conferir a funcionalidade desejada ao alimento (ALVES; GROSSMAN; SILVA, 1999).

Cada amido é único em termos de organização dos grânulos e estrutura de seus constituintes poliméricos, variando muito de acordo com sua fonte botânica, e diferindo quanto ao tamanho dos grânulos, viscosidade, grau de ramificação, propriedade de gelatinização, dentre outras (BEMILLER, 1997 apud LIMBERGER et al., 2008). O grânulo de amido do arroz é muito pequeno, quando comparado com os de milho (15 μm) e de trigo (30 μm), variando de 2 a 10 μm . Sua estrutura apresenta formato de dodecahedro pentagonal, o qual pode ser devido à compressão do grânulo de amido durante o desenvolvimento do grão de arroz (NABESHIMA; EL-DASH, 2004).

As propriedades reológicas do amido podem ser melhoradas ou adaptadas à necessidade tecnológicas específicas através de modificações físicas, químicas e enzimáticas (BEMILLER, 1997 apud LIMBERGER et al., 2008; ALVEZ; GROSSMAN; SILVA, 1999). Na Europa, o uso de amidos modificados é limitado a 5 % do peso do alimento seco, pois são considerados aditivos alimentares, devendo ser declarados nas etiquetas. Porém, para os amidos nativos não há limite de uso, o que permite identificar tais alimentos como naturais (GUERREIRO, 2002). No Brasil, a

legislação limita o uso de amidos modificados em 1 a 6% no produto a ser consumido, e 3% nos produtos processados (CNNPA, 1988).

Os derivados de amidos mais utilizados na indústria alimentícia brasileira são os açúcares, com 47,2%, na forma de xaropes, sólidos e derivados. Os amidos nativos são o segundo grupo mais utilizado (42,8%) bem a frente dos modificados (9,4%) que são pouco usados se comparado ao consumo da Europa, que é de 19% (FRANCO et al., 2002).

Segundo a Resolução nº 38 da CNNPA, amido modificado são aqueles nos quais uma ou mais de suas características originais foram alteradas mediante processo tecnológico adequado, podendo ter sofrido tratamento físico ou enzimático ou químico (CNNPA, 1976), ou ainda combinações desses.

Existem algumas formas de classificar as modificações dos amidos, sendo em físicas e químicas, ou degradativas e não degradativas. As reações degradativas alteram a estrutura física e química do amido, de forma que suas propriedades não são mais reconhecidas. A reação de formação do complexo com o iodo é alterada de forma que o produto passa de azul, no amido nativo, para violeta nas dextrinas ou incolor nos amidos hidrolisados. Já nas reações não degradativas pode ser difícil identificar se o amido foi modificado ou não, pois a aparência e algumas características físicas e químicas são mantidas (THARANATHAN, 2005; CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

Os amidos modificados são usados principalmente na indústria papelreira e têxteis, com menos de 10% sendo destinadas ao setor alimentício da indústria brasileira. As indústrias de fermentação, farmacêutica, química, de cosméticos, a fundição e a mineração são responsáveis pelo restante da parcela de consumo do amido modificado (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

No Brasil a pesquisa sobre amidos é insipiente, sendo que as tecnologias empregadas pelas indústrias originam-se de pacotes adquiridos do exterior e copiados a exaustão. Aqui no Brasil a principal fonte amilácea utilizada para a modificação são os tubérculos e cereais (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

As modificações por processos físicos compreendem qualquer tratamento de amidos sob ação de calor e/ou pressão e/ou mecânica, no estado seco ou úmido, inclusive fracionamento (CNNPA, 1976). As modificações por radiações, extrusão e o cisalhamento (corte) também se

enquadram nessa denominação, mas com certeza o calor é a modificação física mais empregada (THARANATHAN, 2005).

O tratamento térmico com baixa umidade é uma modificação física que altera as propriedades físico-químicas do amido, sem ocorrerem mudanças na estrutura molecular. Este tratamento apresenta vantagem de não envolver produto químico que possa causar degradação do amido ou dificuldades em sua purificação (ZAVAREZE et al., 2009). Além dessa vantagem os amidos modificados por processo físico não são limitados pela legislação brasileira quanto às quantidades utilizadas, sendo considerados como ingredientes. Sem contar a visão naturalista dos consumidores em restringir o uso alimentar de amidos quimicamente modificados. Apesar dessas vantagens dos amidos modificados fisicamente são poucos os relatos na literatura sobre modificações físicas, e existe um número muito maior de pesquisas e patentes referentes às modificações químicas (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

O grânulo de amido natural incha muito pouco em água fria, porém, quando a suspensão de amido em água é aquecida a certas temperaturas, chamadas de temperaturas de gelatinização, os grânulos perdem sua cristalinidade (HERMANSSON; SVEGMARK, 1996). Assim, amidos pré-gelatinizados são formados pelo aquecimento com agitação em um mínimo de água, suficiente para garantir a gelatinização, levando a ligeiro intumescimento dos grânulos. Com o aumento da temperatura, ocorre rompimento da estrutura do grânulo, extravasando os seus constituintes (amilose e amilopectina), que se transformam em substâncias gelatinosas, e passa a ser denominada de gel de amido (HENRIQUE, 2002).

O gel de amido é formado pela amilopectina, que retém em sua estrutura a amilose, conforme apresentado na Figura 1. A temperatura na qual se dá a gelatinização vai variar de acordo com a fonte botânica do amido (BORNET, 1992; ALVES; GROSSMAN; SILVA, 1999).

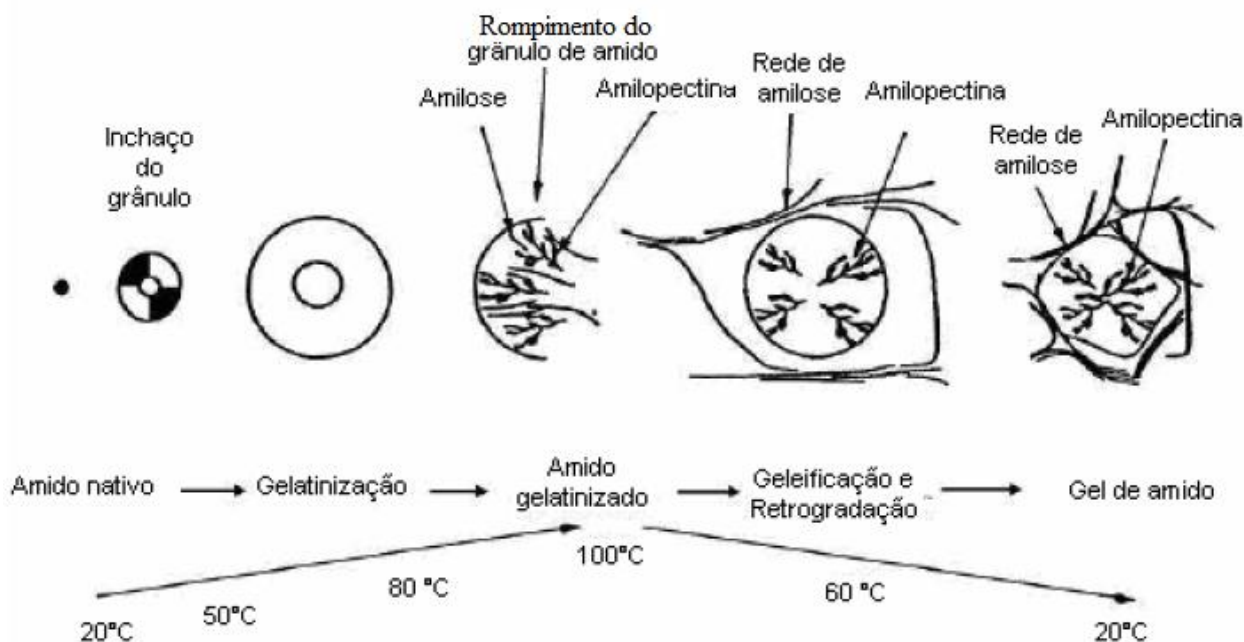


Figura 1. Influência do tratamento hidrotérmico com excesso de água sobre o estado do amido.

Fonte: Bornet (1992).

Os amidos pré-gelatinizados apresentam-se parcialmente ou totalmente solúveis em água fria e quente, com pH igual ao do amido nativo de origem (em torno de 5,5 e 6,0). Por já haver passado pela gelificação os amidos pré-gelatinizados podem apresentar níveis elevados de amido retrogradado, o que confere alteração na cor da pasta, de branca opaca para translúcida (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

A retrogradação é um termo que descreve as mudanças que ocorrem depois da primeira fase após a gelatinização do amido, sendo que acontece uma ordenação da estrutura amorfa, através de ligações por pontes de hidrogênio. Com essa reorganização o gel de amido fica mais espesso e firme, além de desenvolver uma turbidez, opacidade e perder água, num processo denominado sinerese (ADEBOWALE; LAWAL, 2003; FRANCO et al., 2002).

As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e a retrogradação são os principais determinantes do comportamento das pastas dos amidos (BOBBIO; BOBBIO, 2001). Os amidos pré-gelatinizados são usados quando se espera que os produtos sejam solúveis ou dispersíveis em água fria ou quente sem aquecimento, tendo particular importância para usuários que não têm como ou têm dificuldades em aquecer o amido (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

O uso de amidos pré-gelatinizados na alimentação ocorre através de produtos de panificação e confeitaria, sopas, creme e sobremesas instantâneas, além de outros alimentos pré-preparados de cocção rápida e fácil digestão. Em produtos de panificação, o amido atua como componente de enchimento da rede de glúten (MACRITCHIE, 2003), além de fornecer substrato para as leveduras no processo fermentativo, após sua hidrólise. Porém, para ocorrer a ação das enzimas, os grânulos de amidos devem, primeiramente, estar acessíveis. Isto ocorre com a danificação do amido durante o processo de moagem da farinha, ou pela gelatinização do amido durante o processo de forneamento. Por esse motivo, para produtos de panificação, é indicado o uso de amidos pré-gelatinizados, pois como a formação da pasta ocorre no processo de mistura e não no forneamento, os grânulos de amido estão totalmente acessíveis à ação das enzimas (PONTES, 2006).

O índice de absorção em água (IAA) e o índice de solubilidade (ISA) variam de acordo com o grau de gelatinização e dextrinização sofridos pelo amido durante o processamento. Somente os grânulos de amido gelatinizados absorvem água em temperatura ambiente e incham. O ISA, por sua vez, é um parâmetro que reflete o grau de degradação total do grânulo de amido, ou seja, é a somatória dos efeitos da gelatinização, dextrinização e conseqüente solubilização. Quanto maior a dextrinização, maior a degradação das moléculas de amido em moléculas menores (dextrinas), que são mais solúveis em água e, conseqüentemente, maior o ISA (COLONNA et al., 1984; GROSSMANN, 1986; ANDERSON et al., 1969).

As pirodextrinas são produtos elaborados pela torrefação do amido. A dextrinização é, portanto, o processo de torrefação do amido seco, adicionado de pequenas quantidades de ácidos (SWINKELS, 1996 apud CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003). No preparo das pirodextrinas podem ser usados outros agentes físicos (pressão) ou químicos (ácidos), conforme as características desejadas para o produto final (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

As pirodextrinas podem ser fabricadas de qualquer amido nativo, entretanto a facilidade de conversão das dextrinas varia com o tipo de amido de origem. Para que esse processo de modificação obtenha dextrinas de qualidade o amido nativo também deverá ter qualidade elevada, ou seja, com baixos teores de proteínas, gorduras e outras impurezas (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

Os produtos desse tratamento físico são muito úteis comercialmente, tendo várias aplicações na indústria de alimentos, principalmente em produtos *diet*, sem incorporação de

açúcar, visando dar corpo às formulações. A extensão da reação de dextrinização pode ser controlada para chegar a um produto sob medida (CHRONAKIS, 1998). Dependendo das condições experimentais a que foram submetidas às pirodextrinas estas podem ser classificadas em dextrinas brancas, dextrinas amarelas ou gomas britânicas. As três principais reações que ocorrem durante a dextrinização são a clivagem glicosídica (por hidrólise), transglicosidação e repolimerização do amido (THARANATHAN, 2005).

Os primeiros estudos de tratamento com calor e baixa umidade foram feitos com amido de batata-doce com a intenção de tornar suas propriedades semelhantes às do amido de milho, para substituí-lo nos períodos de escassez do cereal (STUTE, 1992). No tratamento hidrotérmico com baixa umidade, o amido é aquecido a temperaturas acima da temperatura de transição vítrea e da temperatura de gelatinização, variando entre 84-120 °C, mas com umidade insuficiente para gelatinizá-lo, geralmente em níveis menores que 35% de umidade, durante um período de tempo que pode variar de 15 min a 16 h (JACOBS; DELCOUR, 1998).

O tratamento com calor e baixa umidade é um processo que apresenta como parâmetros críticos de controle o teor de umidade, a temperatura e o tempo de aquecimento (TESTER; DEBON; KARKALAS, 1998). Como resultado desta modificação, ocorrem alterações no padrão de difração de raio X, na cristalinidade, nas interações entre as cadeias, no intumescimento dos grânulos, na viscosidade e na suscetibilidade à hidrólise enzimática e ácida. No entanto, não ocorrem alterações morfológicas que sejam possíveis de serem observadas ao microscópio eletrônico. O tratamento térmico em baixa umidade proporciona ao amido baixa viscosidade e estabilidade de pasta. Este tipo de modificação promove uma alteração da estrutura cristalina no interior dos grânulos resultando em cristais mais estáveis, pois ocorre uma reorganização das cadeias, acompanhada por movimento ou reorganização nas regiões amorfas ou cristalinas (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

2.6 MICRO-ONDAS

A utilização do forno micro-ondas tem como aspecto mais interessante o aquecimento seletivo. Diferente dos outros fornos, como o elétrico e o por combustão, nos quais todos os corpos que estão dentro do equipamento se aquecem, no forno micro-ondas o aquecimento

depende do material presente. Ou seja, o aquecimento dependerá essencialmente da constante dielétrica e da frequência de relaxação dos produtos utilizados (BARBOZA et al., 2001).

O funcionamento do micro-ondas acontece devido uma válvula, chamada *magnetron*, que sob vácuo converte energia elétrica em micro-ondas. Uma diferença de potencial constante é aplicada entre o ânodo, que é um cilindro circular oco, e o cátodo. Assim, os elétrons são acelerados do cátodo para o ânodo, mas a presença de um forte campo magnético, que é produzido por um eletro-ímã colocado entre os dois pólos, faz com que os elétrons descrevam uma trajetória curva e sigam um caminho em espiral, produzindo radiofrequência. Posteriormente, por um mecanismo mais complexo, há emissão de ondas eletromagnéticas por uma antena colocada diretamente sobre o ânodo. As ondas produzidas são guiadas por um guia de onda até a cavidade contendo o material a ser aquecido. As paredes metálicas do forno absorvem muito pouco da energia. A maior parte é refletida e dissipada em um dispositivo chamado *dummy load*, que evita que as micro-ondas danifiquem o *magnetron* (SILVA, 2002; ZLOTORZYNSKI, 1995).

Uma analogia com o que acontece com as moléculas quando submetidas à ação de um campo elétrico pode ser feita em relação ao processo de aquecimento de micro-ondas. Quando o campo é aplicado às moléculas que possuem momento de dipolo elétrico, estas tendem a se alinhar com o campo e, quando o campo que provocou a orientação dos dipolos moleculares é removido ocorrerá uma relaxação dielétrica, isto é, as moléculas tenderão a voltar para o estado anterior, ou seja, menos alinhado, dissipando a energia absorvida na forma de calor (BARBOZA et al., 2001).

Nos alimentos os principais mecanismos de conversão de energia de micro-ondas em energia térmica são a migração iônica e rotação polar. Neste primeiro mecanismo os componentes ionizados colidem aleatoriamente com moléculas não ionizadas quando submetidos a um campo elétrico, ou seja, quando um campo elétrico é aplicado a um alimento, os dipolos na água tendem a se orientar para o campo elétrico. Como este é oscilante mudando rapidamente de positivo para negativo e vice-versa vários milhões de vezes por segundo, os dipolos tentam seguir essas trocas e criam calor por fricção. O aumento na temperatura das moléculas de água dos alimentos aquece os outros componentes que estão ao redor por condução e/ou por convecção (OWUSU-ANSAH, 1991; FELLOWS, 2006). Isto resulta em elevação instantânea de temperatura dentro do produto, ao contrário do que acontece nos processos de aquecimento

convencionais que transfere energia de superfície, com constantes térmicas de tempo longas e penetração de calor lento (BUFFLER, 1992).

No processamento industrial de alimentos o aquecimento por micro-ondas geralmente ocorre nas frequências de 915 a 2450 MHz, e isto é devido ao acoplamento de energia de um campo eletromagnético numa cavidade de micro-ondas. Essas interações levam à geração de calor instantâneo dentro do alimento devido ao atrito entre as moléculas, que acontece inicialmente por causa da ruptura de pontes de hidrogênio fracas associadas com a rotação dos dipolos de moléculas de água livre e com a migração eletroforética de sais livres em um campo elétrico de polaridade rapidamente variável (BUFFLER, 1992).

O elevado conteúdo de água nos alimentos faz com que a dissipação de energia, seja grande. Assim, com a passagem de micro-ondas na cavidade do forno que contém certo material que possui água, a direção do campo muda $2,45 \times 10^9$ vezes por segundo. Portanto, tão logo as moléculas de água sofram certo alinhamento parcial, a direção do campo reverte, e as moléculas sofrem um realinhamento. O alinhamento e realinhamento das moléculas com elevada frequência produzem grande quantidade de calor, levando ao cozimento do alimento (BARBOZA et al., 2001).

As propriedades elétricas básicas determinam a extensão da reflexão e transmissão de energia nas superfícies do produto e absorção de energia do produto. As propriedades dielétricas básicas dos alimentos são consideradas, primariamente, em termos dos fenômenos de relaxação e condução, como função da frequência, temperatura, composição química e estrutura física dos mesmos (VON HIPPEL, 1995).

Segundo Ordóñez (2005), o tratamento com radiações eletromagnéticas, tais como a utilização de micro-ondas, é utilizado na indústria alimentícia com muitas finalidades. As utilizações mais comuns do micro-ondas ocorrem na secagem de massas alimentícias, desidratação a vácuo, cozimento, descongelamento e métodos de conservação de alimentos, tais como branqueamento, esterilização e pasteurização (SENISE, 1985).

O calor gerado pelas micro-ondas nos alimentos depende tanto das características deste como das propriedades do sistema micro-ondas utilizado. Em geral, os processos de micro-ondas devem ser lentos, para que ocorra aquecimento homogêneo do produto, sendo mesmo assim muito mais rápidos que os métodos convencionais de tratamento térmico, e tendo como uma das conseqüências a maior retenção de nutrientes e compostos aromáticos (ORDÓÑEZ, 2005).

2.7 TORRAÇÃO

A torração é um processo de desidratação complexo, tal qual a secagem dos alimentos, sendo considerado um tratamento térmico bem definido, que deve ocorrer sob condições de tempo, temperatura e umidade muito bem controladas e otimizadas para permitir o desenvolvimento das características de sabor requeridas. As reações que ocorrem durante a torração são afetadas por fatores como temperatura, conteúdo de água, valor de pH, assim como pela concentração dos precursores dos compostos aromáticos (KEME, 1994; MINSON, 1992 apud FADINI, 1998).

Segundo Guedes e Faria (2000) há grande dificuldade na investigação do processo de secagem, pois este é constituído de vários fenômenos complexos, simultâneos e geralmente acoplados, de transferência de quantidade de movimento, massa e calor em sistemas sólidos. Existem diversas teorias que tentam explicar os mecanismos de migração de umidade do interior de sólidos, durante o período de taxa decrescente, como também a utilização de um grande número de modelos matemáticos para estimar as transferências de calor e massa envolvidas. Infere-se que durante o processo de torra também acontecem todos esses fenômenos.

Este processo de fornecimento de calor da fonte quente para o material úmido é que promoverá a evaporação da água do material e em seguida a transferência de massa arrastará o vapor formado. Do ponto de vista de fornecimento de calor, os mecanismos básicos de transferência de calor empregados indicam os possíveis equipamentos necessários, ao passo que a retirada do vapor de água formado na superfície do material é analisada do ponto de vista de movimento do fluido (mecânica dos fluidos), indicando também os possíveis equipamentos para esta finalidade. O movimento de água do interior do material até à superfície é analisado pelos mecanismos de transferência de calor e de massa, que indicarão a dificuldade de secagem nos materiais (PARK et al., 2007).

Alimentos com elevado teor de água têm a velocidade inicial da secagem acelerada e uma elevada concentração de proteínas, amidos e carboidratos aumenta a presença de água ligada, prolongando a terceira etapa da secagem (secagem decrescente) (CHEFTEL; CHEFTEL; BESANCON, 1992). Conforme procede a secagem com a retirada de água, diminui a pressão que o líquido exerce contra a parede celular, conhecida como turgor, e que acontece naturalmente em todas as células vivas. Com a diminuição desta pressão durante a desidratação ocorre o

encolhimento do material. O fenômeno de encolhimento do material não causaria muito problema se não fosse o endurecimento deste, conhecido como "case hardening". Dessa forma, o alimento deforma-se e fissa-se. Um exemplo seria a fissura durante a secagem do macarrão. Outro exemplo são as fissuras sofridas pelo arroz durante a secagem. (PARK et al., 2007). O processo de torração mais brando teria as mesmas características da secagem.

Durante a desidratação podem ocorrer outras alterações, sobretudo se a temperatura for relativamente elevada. O amido pode gelatinizar adsorvendo fortemente a água e os componentes termoplásticos fundirem-se e amolecerem causando problemas de aglomeração e de aderência à embalagem do alimento. Também podem acontecer mudanças do estado amorfo, principalmente dos açúcares e o escurecimento não-enzimático. Este por sua vez pode modificar a cor, sabor e valor nutritivo dos alimentos (ORDÓÑEZ, 2005).

Com a secagem, e também torração, pode acontecer perdas de substâncias aromáticas voláteis, pela evaporação, e perda da capacidade de retenção de água, que pode ocorrer devido a desnaturação e agregação protéica. A torrefação pode levar à perda de polifenóis, devido à degradação térmica progressiva. Contudo, esse efeito pode ser minimizado pela formação de produtos antioxidantes da reação de *Maillard*. Geralmente, acontece perda de valor nutritivo do alimento, principalmente, devido à destruição parcial de algumas vitaminas por oxidação e a complexação de aminoácidos e carboidratos devido à reação de *Maillard* (ORDÓÑEZ, 2005; LÓPEZ-GALILEA, 2006). Também acontece a mudança da textura e aumento da dureza. As perdas de textura geralmente estão relacionadas com a gelatinização do amido, com a cristalização da celulose e com as tensões internas criadas pelas variações do conteúdo de água (ORDÓÑEZ, 2005).

O tratamento térmico, no entanto, também pode favorecer o aumento do valor nutricional de produtos alimentícios, devido à desnaturação de proteínas e melhoria nas características sensoriais, além de inativar enzimas, fatores antinutricionais e microrganismos (SGARBIERI, 1996). A hidrólise do amido devido ao calor pode levar a dextrinização, esta ocorre quando os amidos são submetidos a temperaturas de 100 °C a 200 °C por diferentes períodos de tempo, sendo estas as mesmas temperaturas que normalmente são utilizadas nos processos de torração. As dextrinas são compostos com estrutura química semelhante as do amido, porém de menor peso molecular, sendo também mais solúveis e originando soluções menos viscosas. A 200 °C a

dextrinização é completa e acima dessa temperatura o amido se decompõe com a formação de caramelos, produtos escuros e amargos (BOBBIO, BOBBIO, 2001; FRANCO, et al., 2002).

Produtos a base de farinha de arroz que normalmente escurecem pouco em processos de fritura e cozimento são facilmente modificados em sua coloração através do ajustamento da temperatura de torração, produzindo graus de escurecimento diferenciados (SHENG, 1995). Em misturas com outras farinhas, o aroma suave da farinha de arroz não interfere nos outros aromas (CARVALHO; BASSINELLO, 2006).

No processo de torra ocorre o desenvolvimento de aromas, principalmente por meio da reação de *Maillard*, formando compostos voláteis que contribuem para o aroma de muitos alimentos, sendo muitas vezes desejáveis, como na torra do café e de cacau (AZEVEDO; BRITO; GARRUTI, 2004). Durante a torração de cereais, a formação do aroma é atribuída a uma série de reações como as da reação de *Maillard* e degradação de lipídios. Nestas reações, as pentoses são mais reativas que as hexoses (BREDIE et al., 1997). O conhecimento da origem e produção de aromas é importante no desenvolvimento de novos alimentos, pois os aromas padronizam o produto, dão identidade e caracterizam, estão intensamente relacionados com aspectos de *marketing*, além de agregar perfis aromáticos familiares e clássicos (ITAL, 2003).

A torração utilizando equipamento de micro-ondas tem sido estudada por vários autores, obtendo resultados bastante satisfatórios. Fadini (1998), relata que é possível a torração de cacau por micro-ondas, em menor tempo, levando à obtenção de produtos com características sensoriais semelhantes às do produto torrado de forma convencional.

Quando empregada em farelo de arroz a torra pode ser usada para inativação da lípase aumentando a vida-de-prateleira deste subproduto, além de produzir aroma e sabor de torrado, podendo ser utilizado na alimentação humana (ABDUL-HAMID et al., 2007; RAMEZANZADEH et al., 1999), como por exemplo no desenvolvimento de barras de cereais (GARCIA, 2010).

2.8 PERFIL LIVRE

A análise sensorial é uma técnica muito eficiente na avaliação da qualidade de alimentos pela habilidade de identificar a presença ou ausência de diferenças perceptíveis, detectando

particularidades do produto não medidas por outras técnicas. Além de permitir ainda, avaliar a aceitabilidade do produto (MUÑOZ; CIVILLE; CARR, 1992).

Um dos métodos mais completos para caracterização sensorial é a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), que proporciona uma descrição e quantificação de todas as propriedades sensoriais de um produto (DELLA TORRE et al., 2003). As vantagens da ADQ sobre os outros métodos de avaliação consistem na confiança no julgamento de uma equipe composta por dez a doze provadores treinados, no desenvolvimento de uma linguagem descritiva objetiva, mais próxima à linguagem do consumidor, no desenvolvimento consensual da terminologia descritiva a ser utilizada, o que implica em maior concordância de julgamentos entre provadores e no fato de que na ADQ os produtos são analisados com repetições por todos os julgadores, e os resultados são estatisticamente analisados (BEHRENS, SILVA; 2000).

De acordo com Stone e Sidel (1985) os métodos descritivos, tais como Perfil de Sabor, Perfil de Textura e ADQ são de grande utilidade na solução de diversos problemas associados ao controle de qualidade em estudos de vida-de-prateleira, no desenvolvimento de novos produtos ou na interpretação das preferências dos consumidores. Estes métodos possuem certas desvantagens, como a necessidade de grande número de sessões de treinamento. Mesmo com a padronização dos termos, os provadores apresentam muitas diferenças na percepção e na forma de descrever os alimentos, ocorrendo com muita frequência discordância entre a equipe (DAMÁSIO; COSTELL, 1991).

Na década de 80, Williams e Langron, pesquisadores ingleses, desenvolveram uma nova técnica descritiva, denominada perfil livre, utilizada inicialmente para a avaliação de vinhos. Os provadores não diferem na forma de perceber as características sensoriais, mas na forma de descrevê-las. Esta técnica permite diminuir ou até eliminar as sessões de treinamento. Contudo, exige-se dos provadores que eles sejam objetivos e capazes de usar escalas de intensidade e desenvolver lista de atributos e vocabulários consistentes. Assim, o perfil livre permite aos provadores desenvolver seu próprio vocabulário sobre as percepções sensoriais e, também usar escalas apropriadas (VERRUMA-BERNARDI; DAMÁSIO, 2004). A denominação “livre” é justamente por essa liberdade dada aos provadores. Estes podem utilizar os termos descritivos na quantidade e da maneira que desejar desde o princípio até o final da avaliação (BENASSI; DAMÁSIO; CECCHI, 1998).

Segundo MacFie (1990), a técnica do perfil livre apresenta no início um procedimento similar aos métodos convencionais de ADQ, no qual as amostras são apresentadas à equipe e o provador é solicitado a desenvolver sua própria lista de descritores e, posteriormente às definições. Muitas vezes acontece de alguns termos serem idênticos para os provadores, mas estes podem possuir significado completamente diferente. Para facilitar o entendimento dos provadores não treinados, e que tem dificuldades de gerar termos descritores suficientes e adequados para a amostra analisada, existe o método Rede, que ajuda no desenvolvimento dos vocabulários (PIGGOTT; WATSON, 1992).

O perfil livre oferece algumas vantagens sobre os métodos descritivos tradicionais, como a eliminação da necessidade de numerosas reuniões com a equipe de provadores para se chegar a um consenso com relação à terminologia descritiva dos produtos avaliados. Este método quando aplicado em estudos com consumidores permite o desenvolvimento de uma linguagem que identifica como o real consumidor de um produto alimentício percebe e discrimina sensorialmente o produto dos demais concorrentes do mercado (RÚA, 2003).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as mudanças físico-químicas e sensoriais de farinhas de arroz das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 torradas em forno micro-ondas em diferentes tempos e umidades.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Beneficiar os grãos de arroz das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 e calcular o percentual de rendimento dos grãos inteiros, a renda do beneficiamento e o grau de polimento de cada cultivar.
- Obter farinhas a partir dos fragmentos de arroz (grãos quebrados e quirera) de cada cultivar.
- Obter farinhas torradas das três cultivares, variando a umidade e o tempo de torra em micro-ondas.
- Determinar a granulometria e o módulo de finura das farinhas cruas e torradas.
- Determinar a composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos), das farinhas de arroz cruas e torradas de cada cultivar.
- Quantificar o teor de amilose aparente das farinhas de arroz cruas e torradas de cada cultivar.
- Avaliar a cor instrumental (luminosidade e coordenadas de cromaticidades a^* e b^*), o índice de absorção e índice de solubilidade em água das farinhas de arroz cruas e torradas de cada cultivar.
- Estabelecer o perfil viscoamilográfico das farinhas de arroz cruas e torradas de cada cultivar.
- Avaliar a morfologia das farinhas de arroz cruas e torradas de cada cultivar por microscopia eletrônica de varredura.
- Caracterizar sensorialmente algumas farinhas de arroz torradas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos e análises foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Centro Nacional de Pesquisa em Arroz e Feijão (CNPAP) da Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa), situada no município de Santo Antônio de Goiás-GO, nos Laboratórios do Setor de Engenharia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG) e Laboratórios do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina (DTA/UEL).

4.1 MATERIAL

As amostras de arroz das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja foram produzidas na Fazenda Capivara, situada no município de Santo Antônio de Goiás – GO, enquanto a cv. IRGA 417 é oriunda do Estado do Rio Grande do Sul. Todas as cultivares são da safra 2008 e foram doadas pelo CNPAP- Embrapa.

4.2 MÉTODOS

O arroz foi colhido manualmente e submetido à secagem ao natural até atingir o teor de umidade em torno de 13%. Ainda com a casca, as amostras de arroz foram acondicionadas em sacos de algodão e armazenadas em câmara fria, sob umidade relativa ao redor de 60% e temperatura de 27 °C até que se procedessem as etapas de beneficiamento, produção das farinhas e acondicionamento da umidade e torração em micro-ondas.

4.2.1 Beneficiamento dos grãos e cálculo da renda do beneficiamento, do rendimento de grãos inteiros e do grau de polimento

O beneficiamento foi feito separadamente para cada cultivar, sendo que o descascamento foi realizado no descascador de arroz Satake Rice. O polimento dos grãos foi realizado por meio

do moinho Grainman 60-230-602AT, com tempo de permanência das amostras descascadas no brunidor de 1 min, para evitar a quebra dos grãos e retirada inadequada das camadas que vão do pericarpo ao gérmen.

A renda do beneficiamento foi determinada por meio do cálculo do percentual de massa de grãos inteiros e quebrados após o polimento em relação à massa inicial dos grãos com casca (Equação 1), conforme estabelece a Portaria nº 269, do Ministério da Agricultura (MAPA, 1988). Estas análises foram feitas sem repetição.

$$\text{Renda do benefício (\%)} = \frac{\text{massa de grãos polidos (inteiros + quebrados)}}{\text{massa de grãos em casca}} \quad (\text{Equação 1})$$

Já o rendimento de inteiros, definido como o percentual de grãos inteiros resultantes do benefício do arroz, foi determinado através da massa de grãos inteiros, após o polimento em separado de cada cultivar, conforme equação abaixo.

$$\text{Rendimento de inteiros (\%)} = \frac{\text{massa de grãos polidos (inteiros)}}{\text{massa de grãos em casca}} \quad (\text{Equação 2})$$

O grau de polimento (GP) foi determinado de acordo com a equação de Mohapatra e Bal (2006).

$$\text{GP (\%)} = 100 \times 1 - \frac{\text{massa de grãos polidos}}{\text{massa de grãos inteiros}} \quad (\text{Equação 3})$$

Após o beneficiamento os grãos quebrados foram armazenados em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD), identificados, e mantidos sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) até o momento da moagem.

4.2.2 Processo de obtenção das farinhas de arroz e delineamento experimental da torração em micro-ondas

As etapas do processo de obtenção das farinhas, desde a colheita dos grãos de cada cultivar, até as análises a que foram submetidas estão representadas no fluxograma da Figura 2. Para as

farinhas cruas de cada cultivar não foram realizadas as etapas de acondicionamento da umidade e torração em micro-ondas deste fluxograma.

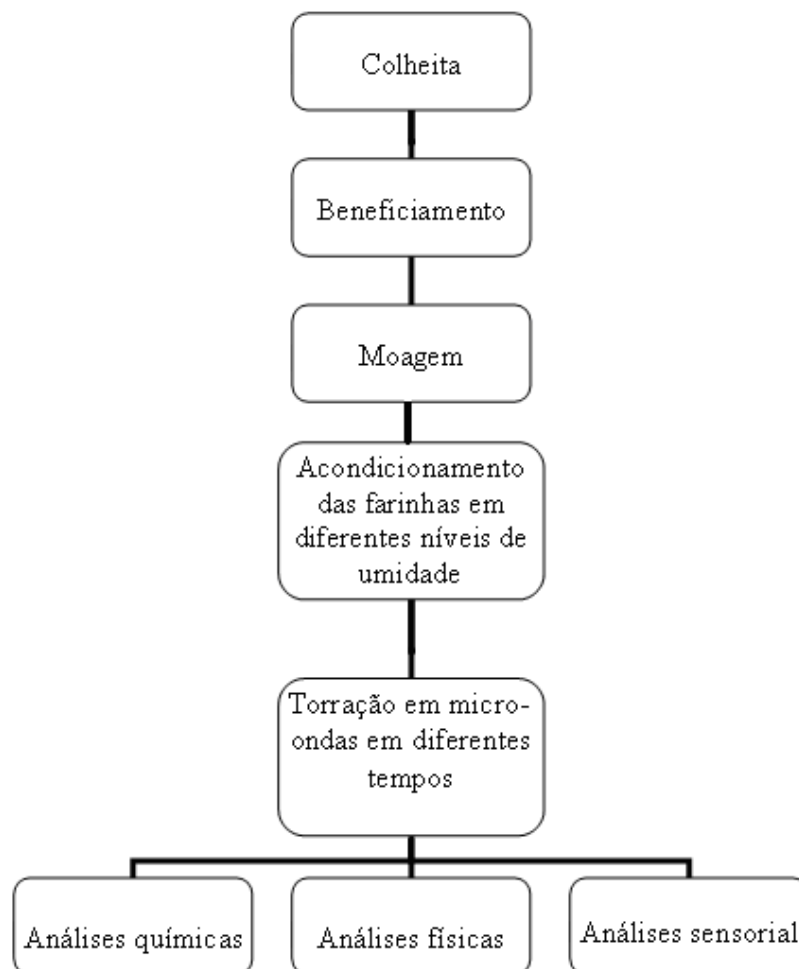


Figura 2. Fluxograma das etapas do processamento das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

Após a realização de testes preliminares com as farinhas de arroz optou-se por trabalhar com cinco níveis de umidade e cinco tempos de torra. O tempo máximo de torração foi aquele no qual as amostras não ficaram totalmente queimadas e viraram cinzas e o tempo mínimo escolhido foi aquele no qual as amostras apresentaram algum grau de alteração na cor e odor das mesmas. O teor de umidade mínimo foi definido como aquele que normalmente os grãos de arroz são armazenados e o máximo aquele que não pudesse promover a gelatinização do amido presente nas amostras. Utilizou-se metodologia de superfície de resposta, conforme delineamento rotacional central composto (DRCC), constituído por um fatorial 2^2 , 4 experimentos axiais e 3 repetições no ponto central, totalizando 11 experimentos (Tabela 3).

Tabela 3. Delineamento experimental com os valores codificados e valores reais das variáveis umidade [g (100 g)⁻¹] e tempo de torra (min) das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

Ensaio	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
	Tempo de torra (min)	Umidade [g (100 g) ⁻¹]	Tempo de torra (min)	Umidade [g (100 g) ⁻¹]
1	-1	-1	10	14,3
2	1	-1	20	14,3
3	-1	1	10	23,2
4	1	1	20	23,2
5	-1,41	0	8	18,7
6	1,41	0	22	18,7
7	0	-1,41	15	12,5
8	0	1,41	15	25,0
9	0	0	15	18,7
10	0	0	15	18,7
11	0	0	15	18,7

Fonte: Rodrigues e Iemma (2005), com adaptações.

A umidade das amostras foi determinada em estufa a 105 °C até peso constante, conforme AOAC (1997). O cálculo para determinação da quantidade de água a ser adicionada nas amostras para que tenham o teor de umidade de acordo com o delineamento experimental (Tabela 3) foi realizado utilizando a Equação 4.

$$Umidade(g) = \left[\frac{(100 - A)}{(100 - B)} \right] - 1 \times C \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: A: teor de umidade da amostra; B: teor de umidade desejada [g (100 g)⁻¹]; C: massa da amostra (g).

A quantidade de água (g) calculada foi borrifada manualmente nas amostras de farinha crua, ficando em homogeneização por 24 h, em embalagem termoselada de PEBD, sob refrigeração a 8 °C ± 1 °C, até o momento da torração.

A torração foi realizada em bateladas de 300 g. As farinhas de arroz foram revolvidas durante o processo em intervalos de 1 min, com o auxílio de colher, para evitar a queima desigual da amostra. A torração foi feita em forno micro-ondas CCE modelo M 210, em potência de 100 W (máxima). Após a torração, em tempos definidos de acordo com o delineamento apresentado

na Tabela 3, as amostras de farinhas foram resfriadas durante 1 h, em temperatura ambiente e depois embaladas em sacos de filmes laminados (PEBD, nylon e PEBD) e armazenados em temperatura ambiente até o momento da realização das análises.

4.2.3 Granulometria e módulo de finura

A granulometria das farinhas de arroz, cruas e torradas, foi determinada pela passagem de 50 g de cada amostra por um conjunto de peneiras de massa conhecida, arredondadas, vibratórias e com aberturas das malhas variando de 600, 250, 150, 106 e 75 μm de diâmetro (sendo 28, 60, 100, 150 e 200 *mesh*, respectivamente), além do fundo, por 10 min, conforme adaptação do método nº 965.22 da AOAC (1995). Utilizou-se o equipamento Produtest modelo 2431 e a velocidade de agitação do reostato foi 6. Os resíduos de cada peneira e do fundo foram pesados em balança analítica BioPrecisa®, modelo FA2104N, de precisão 0,0001 g, e os resultados expressos em porcentagem (%).

Módulo de finura (MF) é definido como a soma das porcentagens de peso das frações retidas em cada peneira dividido por 100, conforme Equação 5 (ZANOTTO; BELLAYER, 1996). As farinhas podem ser classificadas como: grossa (MF \geq 4,10), média (MF = 3,20), fina (MF = 2,30) e muito fina (MF \leq 1,50), segundo Ortolan (2006).

$$MF = \frac{\sum(\% \text{ massa} \times \text{índice})}{100} \quad (\text{Equação 5})$$

Os índices utilizados são fixos e variam de 5 a 0, seguindo a ordem decrescente de diâmetro das peneiras. Assim, o índice correlaciona-se positivamente com o aumento do tamanho das partículas (ZANOTTO; BELLAYER, 1996), indicando quanto mais grossa ou fina é uma farinha.

4.2.4 Cor

Os parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*) das farinhas de arroz torradas e cruas foram determinados pelo uso de espectrofotômetro de reflectância difusa, modelo ColorQuest II Sphere (Hunter Associates Laboratory, Inc., Rest, USA), com sensor óptico geométrico de esfera. O aparelho foi previamente calibrado, realizando-se a leitura por reflexão e utilizando-se ângulo de observação de 10°, iluminante principal D65 e reflexão especular excluída (RSEN).

No sistema Hunter de CRO, corrigido pela CIELab, o parâmetro de cor L^* define a claridade da cor, em que o valor 0 indica cor totalmente escura e o 100 totalmente clara; a coordenada de cromaticidade a^* indica a tonalidade vermelha e quando positiva indica a existência de maior teor de pigmentos vermelhos, já quando negativa aponta a inexistência destes tendendo para o verde. A coordenada b^* refere-se à tonalidade amarela, quando positiva, e azul quando negativa. Quando os valores das coordenadas a^* e b^* estiverem próximos de 0, indicarão que a amostra apresenta uma cor próxima à neutralidade (GOOD, 2002).

As amostras foram transferidas para cubetas de quartzo do próprio equipamento, compactadas, colocadas sobre o sensor óptico de 2,54 μm , realizando-se para cada amostra a leitura em dez posições diferentes, conforme indicação do manual do equipamento (HUNTERLAB, 1998).

4.2.5 Análise viscoamilográfica

Foi utilizada o equipamento *Rapid Visco Analyser* (RVA) da Newport Inc.®, modelo RVA 4, 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). As amostras de cada farinha foram peneiradas em peneira de aço inox de 60 *mesh*, utilizando-se para análise as porções passantes. 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 taxa constante de 14 °C min^{-1} , mantida nesta temperatura por 3 min e 30 s, resfriada a 50 °C durante 4 min e 10 s sob a mesma taxa, e mantida a 50 °C por mais 1 min e 25 s, totalizando 12 min e 30 s de análise, a 160 rpm.

Obtidos os gráficos foram avaliadas a viscosidade máxima (Pico), a quebra da viscosidade (*breakdown* - diferença entre a viscosidade máxima e o menor valor de viscosidade após o pico no perfil amilográfico), viscosidade final e a tendência à retrogradação (*setback* - diferença entre as viscosidades final e a viscosidade máxima), de acordo com a Figura 3.

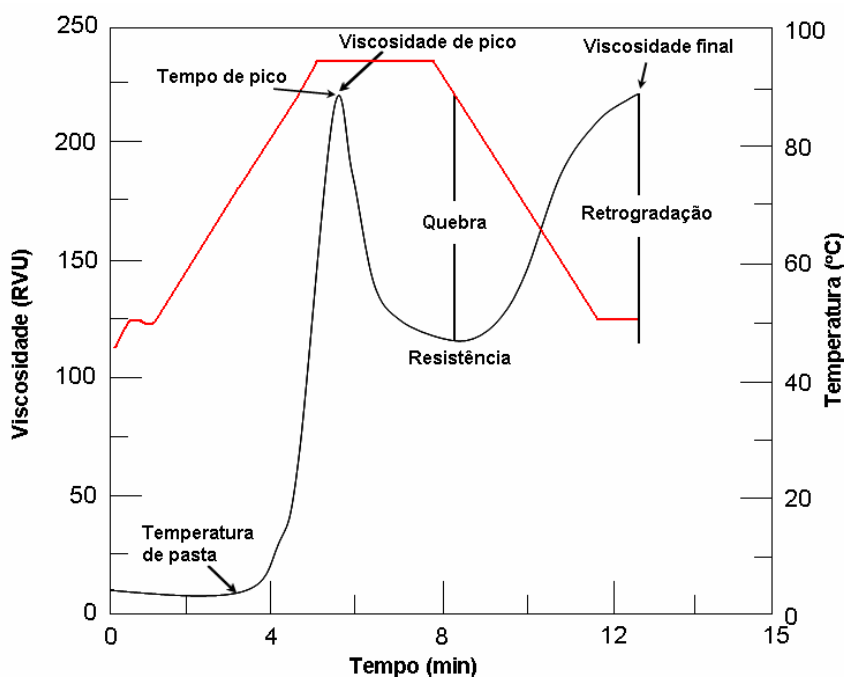


Figura 3. Curva típica do RVA apresentando os parâmetros comumente avaliados e viscosidade em RVU (THOMAS; ATWELL, 1999).

Todos os valores obtidos foram expressos em centipoise (cP), e segundo o próprio manual do equipamento 1 RVU (unidades rápido viscoamilográficas) equivale aproximadamente 12 cP. As amostras foram analisadas em duplicata.

4.2.6 Índices de absorção em água e solubilidade em água

Os índices de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) foram determinados segundo metodologia descrita por Anderson et al. (1969), na qual são utilizadas 2,5 g de amostra, peneirada a 60 *mesh*, adicionada à um tubo com 30 mL de água destilada. As amostras foram mantidas em banho-maria Marconi[®], modelo Ma 470, à 28 °C, por 30 min e posteriormente foram centrifugadas a 3000G, por 10 min. Logo após retirou-se alíquota de 10 mL do sobrenadante. Esta alíquota foi colocada em placa de Petri, e levada à estufa a 105 °C por 3 h. Depois das placas serem colocadas no dessecador por 1 h, pesadas em seguida, foram levadas novamente a estufa, repetindo este procedimento até peso constante. Com a diferença de peso entre a placa tarada e a placa com a alíquota, multiplicado por três obteve-se o resíduo da evaporação. Multiplica-se por três, pois somente uma alíquota de 10 mL foi retirada, mas 30 mL foi centrifugado.

O líquido restante do tubo foi cuidadosamente descartado e o gel remanescente no tubo foi pesado. A massa do tubo com o gel, subtraído a massa do tubo tarado é o resíduo da centrifugação. Utilizando-se a massa desses resíduos nas Equações 6 e 7, respectivamente para IAA e ISA. As determinações foram feitas em duplicata. Os resultados de IAA foram expressos em g gel (g MS)⁻¹, sendo MS massa em base seca, enquanto os de ISA foram expressos em %.

$$IAA = \frac{\text{massa do resíduo da centrifugação}}{\text{massa da amostra} - \text{massa do resíduo da evaporação}} \quad (\text{Equação 6})$$

$$ISA = \frac{\text{massa do resíduo da evaporação}}{\text{massa da amostra}} \quad (\text{Equação 7})$$

4.2.7 Microscopia eletrônica de varredura das farinhas

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) não foi realizada em todas as farinhas processadas deste trabalho, visto que o número de cultivares (BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417), multiplicados pelos tratamentos de umidificação e torra (11 experimentos) somados às farinhas cruas, gerariam grande número de informações. Selecionou-se para análise microscópica as farinhas de cada cultivar submetidas aos tratamentos extremos, ou seja, farinha pouco torrada, muito torrada e também uma farinha com tempo de torra intermediário (Ensaio 1, 6 e 9, respectivamente, conforme delineamento experimental apresentado na Tabela 3), sendo que do ensaio 9 somente a farinha da cv. IRGA 417 foi analisada. Além destas, foram analisadas as farinhas cruas de cada cultivar para efeito de comparação, totalizando assim, 10 diferentes amostras.

Para a microscopia eletrônica de varredura as amostras foram diluídas em álcool etílico 100% (1/10 m/v) e duas gotas foram colocadas sobre os “stubs”. Após este procedimento as amostras foram cobertas com 10 µm de ouro metalizador (MED-010 da Balzers) e avaliadas em microscópio eletrônico de varredura Philips modelo SEM 515, sob tensão de 20 KV e tamanhos de 120, 200, 2000 e 4000 vezes. Foram escolhidas as microscopias com tamanho de 2000 vezes para serem apresentadas neste trabalho.

4.2.8 Composição Centesimal

A composição centesimal de todas as amostras foi determinada em duplicata. A umidade foi determinada em estufa a 105 °C, até massa constante das amostras, conforme técnica descrita pelo método oficial nº 925.10 da AOAC (1997); nitrogênio total, segundo o método de *Kjeldahl* com conversão em proteína bruta, utilizando-se o fator 5,95 e o método oficial nº 960.52 da AOAC (1996); lipídios totais, extraídos pelo método de Soxhlet, seguindo o método oficial n. 32 do Instituto Adolfo Lutz (2008); cinzas, por incineração em mufla à 550 °C, utilizando o método oficial nº 923.03 da AOAC (1997). Os carboidratos foram estimados por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos para umidade, cinzas, proteínas e lipídios.

4.2.9 Teor de amilose

A fração amilose do amido foi determinada nas farinhas de arroz, em duplicata, por meio de técnica colorimétrica, desenvolvida por Martínéz e Cuevas (1989) e adaptada pelo Laboratório de Tecnologia de Alimentos do CNPAF - Embrapa.

Utilizou-se a solução de iodo como indicador e o complexo formado foi medido por espectrofotômetro a um comprimento de onda de 620 nm. Em 100 mg de farinha de arroz pesada em balança analítica 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 que a gelatinização do amido ocorresse. Após esse processo, a amostra foi deixada em banho-maria a 50 °C por 10 min. Após esse período a amostra foi transferida para balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com água destilada e homogeneizada. Dos balões que continham as amostras de amido gelatinizado coletou-se alíquotas de 5 mL com uma pipeta volumétrica, que foram transferidas para balões de 100 mL e acidificadas com 1 mL de ácido acético 1 N. Acrescentou-se 2 mL do indicador de iodo, que ao reagir com o amido durante homogeneização manual, formou complexo de coloração azul.

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. As amostras para determinar a curva de calibração seguiram 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 então, transferidas para os balões de 100 mL, obtendo-se cinco diluições da solução padrão. Depois avolumou-se 0,4,

0,6, 0,8, 1,0 e 1,2 mL de ácido acético respectivamente para cada balão 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.

As amostras foram classificadas de acordo com os teores de amilose apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação do teor de amilose em arroz.

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

Fonte: Adaptado de Martínéz e Cuevas (1989).

4.2.10 Análise Sensorial das farinhas torradas

Com o objetivo de avaliar a aparência, aroma, sabor e textura foi realizado teste sensorial, segundo método descritivo de Perfil Livre, em sete amostras de farinhas torradas. Não foi realizada a análise em todas as amostras processadas, visto que para o tipo de teste utilizado um grande número de amostras prejudica a identificação e caracterização por parte da equipe provadora. Assim, foram selecionadas as mesmas farinhas da análise microscópica, conforme sub item 4.2.7, excluindo-se as farinhas cruas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

O projeto de pesquisa, que contemplava esta análise, foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Goiás, sob número de protocolo 181/09, e as análises foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial da UEL. Participaram do teste 12 provadores, sendo que este foi realizado em cabines individuais, utilizando-se luz branca, sendo que as farinhas torradas foram servidas em quantidade de 5 g cada, a temperatura ambiente, em potes descartáveis, transparentes e com tampa.

Inicialmente foi realizado um levantamento de atributos com quatro sessões, aplicando o método de rede (MOSKOWITZ, 1983). Nestas sessões foram apresentados pares de amostras e solicitado aos provadores que descrevessem as similaridades e diferenças em cada par. Posteriormente, foi realizada uma discussão individual com o provador e montada a ficha de avaliação das amostras e a lista de definições dos atributos específicos para cada provador.

Após essa etapa foram elaboradas as listas de definições e as fichas de avaliação para cada provador. Cada atributo foi avaliado em uma escala híbrida de intensidade não-estruturada de 10

cm, conforme Apêndice G1. Uma sessão simulando a apresentação do Perfil Livre foi realizada para avaliar a adequação das fichas. Os provadores avaliaram três amostras escolhidas aleatoriamente e puderam alterar as fichas, incluindo ou retirando atributos, mudando os termos das escalas e melhorando as definições.

Para avaliação das farinhas de arroz torradas, utilizou-se delineamento de blocos incompletos balanceados (Tabela 5) ($t=7$, $k=3$, $r=3$, $b=7$, $\lambda=1$, $E=78$), onde t = número de tratamentos, k = número de unidades por bloco, r = número de repetições, b = número de blocos, λ = número de vezes que cada tratamento aparece no mesmo bloco com cada um dos outros tratamentos, E = grau de eficiência do delineamento, que é calculado conforme Equação 8 (COCHRAN; COX, 1957).

$$E = \frac{\lambda \times t}{k \times r} \quad (\text{Equação 8})$$

Tabela 5. Delineamento experimental do teste sensorial de Perfil Livre das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

BLOCO		TRATAMENTO		
1	P1	S1		P6
2	S1	I1		S6
3	I1	P6		I6
4	P6	S6		I9
5	S6	I6		P1
6	I6	I9		S1
7	I9	P1		I1

Letras P, S e I = cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, respectivamente.

Números denominam tratamentos, sendo 1: farinhas com 10 min de torra e umidade de $14,3 \text{ g } (100 \text{ g})^{-1}$, 6: farinhas com 22 min de torra e umidade de $1,78 \text{ g } (100 \text{ g})^{-1}$ e 9: farinhas com 15 min de torra e umidade de $18,7 \text{ g } (100 \text{ g})^{-1}$.

Em cada prova, o provador recebeu o seu glossário junto à ficha de avaliação. Foram realizadas sete sessões, sendo que em cada sessão o mesmo bloco foi avaliado por todos os provadores e cada amostra foi apresentada três vezes ao provador.

Os dados obtidos foram avaliados pela Análise Procrustes Generalizada (GPA), utilizando o programa Senstools Versão “2.3”. Os dados foram inseridos na forma de doze matrizes (uma por provador) de vinte e uma linhas (sete amostras com três repetições) e seis a onze colunas

(atributos). Os gráficos de configuração das amostras e provadores, e da variância residual, foram elaborados utilizando o pacote estatístico Senstools “Versão 2.3” (OP & P. PRODUCT RESEARCH, 1998).

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para avaliar os resultados de módulo de finura, cor, viscosidade, índice de absorção e solubilidade em água, composição centesimal e teor de amilose das farinhas de arroz cruas foi empregada a análise de variância (ANOVA), determinando a significância pelo teste F ($P \leq 0,05$). Para as médias das farinhas cruas em relação às análises acima citadas foi realizado teste Tukey, verificando-se médias estatisticamente significativas ao nível de 5% de probabilidade (PIMENTEL GOMES, 1990; THE SAS SYSTEM, 1992). Também as análises das amostras de farinhas de arroz torradas que não sofreram influência significativa das variáveis tempo de torra e umidade foram submetidas ao teste Tukey.

A metodologia de superfície de resposta (MSR) foi empregada para a análise do efeito combinado das variáveis independentes (x_1, x_2) nas respostas avaliadas (y_1): módulo de finura, composição centesimal, teor de amilose, parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), perfil viscoamilográfico e os índices de absorção e solubilidade em água. A resposta pode ser escrita como sendo função (f) de x : $y_1 = f(x_1, x_2)$. As médias dos dados de cada um dos 11 ensaios para cada cultivar e para cada resposta foram tratadas por análise de regressão múltipla para desenvolver modelos matemáticos de segunda ordem, contendo termos lineares, quadráticos e de interação das duas variáveis independentes, com o emprego do SAS for windows (THE SAS SYSTEM, 1992). A fórmula geral deste modelo preditivo é representada pela Equação 9.

$$y_1 = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_{12}x_1x_2 + \epsilon \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

y_1 = função resposta genérica ou variável dependente

x_1, x_2 = níveis codificados das variáveis independentes

β_0 = ponto central do sistema ou ponto estacionário

$\beta' s$ = coeficientes estimados pelo método dos mínimos quadrados

ϵ = resíduo que mede o erro experimental, apresentando uma distribuição normal com média zero e variância igual a $2s$

O modelo preditivo para cada resposta ou variável dependente pode ser empregado somente dentro da área experimental, não podendo ser feitas extrapolações. O modelo ideal deve ter: boa significância ($P \leq 0,05$), alta confiabilidade (dados dentro do intervalo de confiança de 95%, ou seja, resíduo irrelevante) e baixa variabilidade ($R^2 \geq 70\%$ e $C.V. \leq 10\%$, sendo aceito até 20% em experimentos de campo) (MIRANDA, 1998).

Neste trabalho, a ANOVA (teste F) foi aplicada utilizando-se os valores codificados das variáveis independentes e os valores reais das variáveis respostas. Na análise de variância foi observado a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança pelo teste F e o coeficiente de determinação (R^2), que quanto maior o seu valor (mais próximo de 100%), melhor terá sido o ajuste do modelo aos dados experimentais observados (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 1995).

Em alguns modelos, a regressão e a falta de ajuste foram significativas, e segundo Waszczynskyj, Rao e Silva (1981), se o quadrado médio para o erro experimental apresentar valores baixo, os testes de significância para falta de ajuste devem ser considerados irrelevantes. Quando a falta de ajuste foi significativa e o erro experimental (erro puro) não era pequeno, pode ter ocorrido que alguma outra variável que não foi colocada no modelo esteja influenciando na resposta ou talvez haja necessidade de um modelo mais completo (MIRANDA, 1998).

No programa Statistica 7.0 for windows (ANOVA / MANOVA) os termos não significativos foram retirados obtendo um modelo final ajustado mais adequado para descrever as características da região analisada. Em alguns casos em que os termos lineares foram quase significativos, estes foram mantidos no modelo (BOX et al., 1978), pois contribuíram de forma expressiva na resposta analisada. Nos modelos que o R^2 foi muito baixo ($< 50\%$) foi realizado apenas o teste Tukey, pois os modelos não podem ser utilizados para fins preditivos, somente como indicadores de tendência.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISES QUÍMICAS DAS FARINHAS TORRADAS E CRUAS

5.1.1 Composição centesimal

A composição nutricional dos alimentos é fator importante para o planejamento de dietas balanceadas, uma vez que, conhecendo-se estes valores, pode-se alcançar diferentes resultados na nutrição humana. O arroz é o alimento básico na dieta de mais da metade da população mundial, e sabe-se que os diferentes processos aos quais esse grão é submetido, tais como o polimento ou parboilização podem causar variações no conteúdo nutricional (STORCK; SILVA; COMARELLA, 2005). Podendo-se afirmar o mesmo para os derivados de arroz, como a farinha, que também tem importância na alimentação humana, fazendo-se necessário o conhecimento de sua composição frente às alterações do processamento.

5.1.1.1 Farinhas de arroz cruas

As médias da composição centesimal (umidade, cinzas, proteína, lipídios e carboidratos) das farinhas de arroz cruas das três cultivares estão apresentados na Tabela 6.

A farinha de arroz crua da cv. IRGA 417 apresentou maior teor de umidade, diferindo ($P \leq 0,05$) das farinhas cruas das cvs. BRS Primavera e da BRS Sertaneja, que não se diferenciaram ($P > 0,05$) (Tabela 6). As diferenças de umidade entre as farinhas cruas podem estar relacionadas às características próprias de cada cultivar, como a composição, visto que são cultivadas em sistemas diferentes, sendo as cvs. BRS Primavera e Sertaneja de terras altas e a IRGA 417 pertencente ao sistema de plantio irrigado, além de outros fatores como época de colheita, secagem e tempo de armazenamento.

Na composição centesimal de farinhas de arroz relatadas na literatura observou-se variação do teor de umidade entre 10,97 e 13,39 g (100g)⁻¹ (UNICAMP, 2006, CLERICI; EL-DASH, 2008; ZANÃO et al., 2009; USP, 2010). Neste estudo a cv. BRS Sertaneja obteve valor pouco menor para essa resposta [10,76 g (100g)⁻¹].

Tabela 6. Composição centesimal, em base seca, das farinhas de arroz cruas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL [g (100 g) ⁻¹]	CULTIVARES		
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	IRGA 417
Umidade	11,39 ± 0,03 ^b	10,76 ± 0,30 ^b	12,81 ± 0,02 ^a
Cinzas	0,30 ± 0,03 ^b	0,30 ± 0,10 ^b	0,40 ± 0,02 ^a
Proteína**	10,68 ± 0,26 ^a	10,53 ± 0,01 ^a	9,65 ± 0,00 ^b
Lipídios	0,36 ± 0,00 ^a	0,23 ± 0,00 ^b	0,20 ± 0,04 ^b
Carboidratos**	77,27 ± 0,28 ^{ab}	78,21 ± 0,34 ^a	76,90 ± 0,08 ^b

**Resultados estão apresentados em base seca, exceto para umidade (base úmida);
Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

O conteúdo de cinzas variou entre 0,2977 a 0,4088 g (100 g)⁻¹. A farinha de arroz da cv. IRGA 417 apresentou teor de cinzas 25,9% maior do que a resposta obtida para a farinha da cv. BRS Primavera e 25,1% superior ao da farinha de arroz da cv. BRS Sertaneja. Conforme relatado na literatura, o teor de cinzas nos grãos depende da cultivar, do manejo, do clima e da localização geográfica da cultura de arroz (KRISHNARAO; MUKUND; CHAKRABORTY, 1991). Visto que são originadas do mesmo sistema de cultivo e da mesma região as cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja obtiveram resultados semelhantes ($P > 0,05$). Estas cultivares diferiram ($P \leq 0,05$) da cv. IRGA 417, provinda de sistema de alagamento da região Sul do Brasil.

O conteúdo de cinzas das farinhas de arroz encontrado por Clerici e El-Dash (2008) e Zanão et al. (2009) respectivamente de 0,27 e 0,34 g (100 g)⁻¹ são próximos aos valores observados nesse trabalho. Enquanto que, os valores de cinzas encontrados nas Tabelas de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2006; USP, 2010) são bem mais elevados, sendo 1,19 e 1,2 g (100 g)⁻¹. Nas tabelas de composição de alimentos não foram estabelecidas as cultivares analisadas, provavelmente sejam diferentes das cultivares analisadas neste estudo.

O teor protéico das farinhas de arroz cruas variou de 9,6 a 10,7 g (100 g)⁻¹. A farinha da cv. IRGA 417 apresentou o menor teor de proteínas, diferenciando-se ($P \leq 0,05$) das farinhas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja, que por sua vez não diferiram entre si ($P > 0,05$) (Tabela 6).

Em relação à proteína observa-se que os valores encontrados para as cultivares pesquisadas neste estudo foram superiores aos valores verificados na literatura, que variaram de 7,3 a 8,8 g (100 g)⁻¹ (UNICAMP, 2006; CLERICI; EL-DASH, 2008; ZANÃO et al., 2009; USP, 2010). Como não foram determinadas as cultivares dessas pesquisas a variação no teor protéico, provavelmente, possa ser devido a diferentes cultivares estudadas. A composição química e a

qualidade nutricional varia, consideravelmente, e isso pode ser atribuído a fatores genéticos, influências ambientais, uso de fertilizantes, entre outros (AMISSAH et al., 2003).

O conteúdo de lipídios da farinha de arroz crua da cv. BRS Primavera foi maior e diferiu ($P \leq 0,05$) das demais cultivares, que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Estes teores foram menores que os reportados por Lai (2001), que observou o conteúdo de lipídios de três cultivares Índicas, entre 0,37 e 0,72 g (100 g)⁻¹, por Heinemann et al. (2005), de 0,38 a 0,59 g (100 g)⁻¹ em 20 amostras comerciais de arroz cultivados em sistema irrigado e também por DING et al. (2005), que encontraram os maiores teores de lipídios [1,2 g (100 g)⁻¹] em farinhas de arroz comerciais.

Nas farinhas de arroz cruas o conteúdo de carboidratos variou entre 76,9 e 78,2 g (100 g)⁻¹. A cv. BRS Sertaneja obteve a maior resposta, diferindo da cv. IRGA 417 ($P \leq 0,05$), sendo apenas 1,66% maior que o resultado encontrado para cultivar de sistema irrigado.

A variação do conteúdo de carboidrato pesquisados na literatura foi de 75,6 a 79,8 g (100 g)⁻¹ (UNICAMP, 2006; CLERICI; EI-DASH, 2008; ZANÃO et al., 2009; USP, 2010). Os resultados encontrados na presente pesquisa se inserem dentro dessa faixa de variação (Tabela 6). A variação no conteúdo de carboidratos entre as farinhas cruas das cultivares estudadas e os valores obtidos na literatura, mesmo sendo pequena, podem estar relacionadas com o grau de polimento sofrido durante beneficiamento, pois quanto maior o grau de polimento do grão de arroz menor a porcentagem do endosperma (HOFFPAUER, 2005), portanto, menor o conteúdo de amido e, conseqüentemente, de carboidrato na farinha. Essa relação foi observada na cv. IRGA 417, submetida ao maior grau de polimento (14,59%), conseqüentemente obteve menor conteúdo de carboidrato [76,90 g (100 g)⁻¹].

5.1.1.2 Farinhas de arroz torradas

Os resultados médios e os desvios-padrão da composição centesimal das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 estão apresentados no Apêndice A1. Os modelos de regressão ajustados e os coeficientes de determinação (R^2) para essas respostas estão apresentados na Tabela 7. As análises estatísticas resumidas da composição centesimal das farinhas, para cada cultivar de arroz, estão nos Apêndices A3 a A16.

Quando os modelos de regressão múltipla dos componentes determinados na composição centesimal não foram significativos, os dados obtidos também foram submetidos a análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste Tukey (Apêndice A2).

Tabela 7. Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação (R^2) dos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

CULTIVAR	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL *	MODELO ($P \leq 0,05$)	R^2
BRS PRIMAVERA	Umidade	$y = 1,488 - 0,502x_1 + 0,390x_1^2$	0,7534
	Cinzas	$y = 0,522 + 0,082x_1 - 0,059x_1^2 + 0,054x_2 - 0,049x_2^2 + 0,066x_1x_2$	0,7962
	Proteína	----	----
	Lipídios	$y = 0,174 - 0,035x_1 + 0,137x_2 + 0,038x_2^2$	0,7766
	Carboidratos	----	----
BRS SERTANEJA	Umidade	$y = 1,768 - 0,979x_1 + 0,701x_1^2$	0,7456
	Cinzas	$y = 0,334 - 0,015x_1^2$	0,4725
	Proteína	$y = 10,742 - 0,098x_1 - 0,166x_2^2 - 0,077x_1x_2$	0,7646
	Lipídios	$y = 0,065 + 0,050x_1^2 + 0,044x_2 + 0,064x_2^2$	0,6519
	Carboidratos	$y = 88,823 + 0,106x_1 - 0,079x_2 + 0,116x_2^2$	0,6128
IRGA 417	Umidade	$y = 2,222 - 0,717x_1 + 0,419x_1^2 + 0,327x_2^2$	0,7624
	Cinzas	----	----
	Proteína	----	----
	Lipídios	----	----
	Carboidratos	----	----

y = resposta; x1 = tempo (min); x2 = umidade [g (100 g)⁻¹]; termos escritos em itálico = o efeito apesar de não ser significativo ao nível de 5%, contribuiu para melhorar o ajuste do modelo.

* Resultados estão apresentados em base seca, exceto para umidade (base úmida) e a unidade utilizada foi g (100 g)⁻¹.

▪ Umidade

O modelo para a umidade das farinhas torradas da cv. BRS Primavera não foi significativo ($P = 0,1076$), com R^2 de 76,78%, C.V. médio (24,03%) e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,3650$), conforme Apêndice A3. No modelo ajustado somente os efeitos do tempo de torra, linear e quadrático, foram significativos ($P = 0,0035$ e $P = 0,0238$, respectivamente), podendo este ser utilizado para verificar a tendência das respostas. Assim, gerou-se um gráfico de regressão linear, considerando apenas a variável tempo de torra para as farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera (Figura 4a).

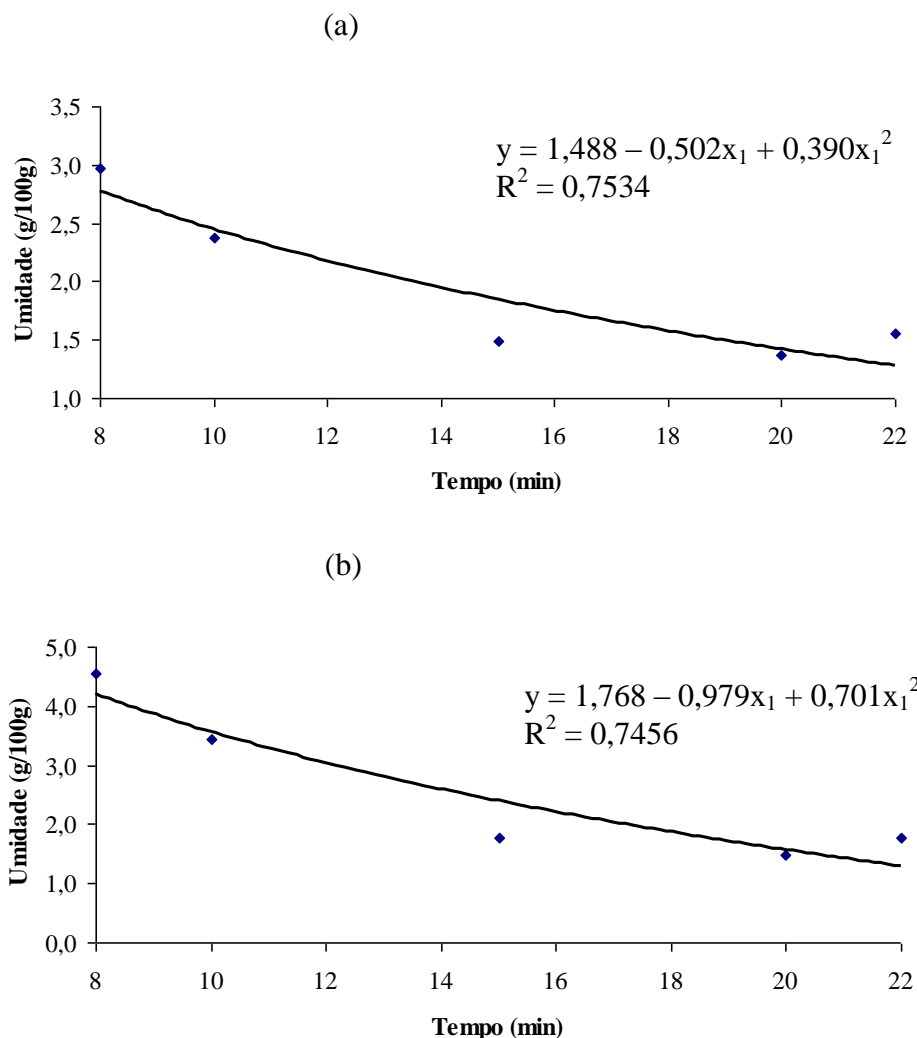


Figura 4. Efeito da variável tempo de torra sobre o teor de umidade das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera (a) e BRS Sertaneja (b).

Com o aumento do tempo de torra houve diminuição da umidade das farinhas. Fato esperado, pois o campo elétrico gerado pelo forno micro-ondas faz com que os dipolos da água sejam atraídos, e como esse campo é oscilante mudando rapidamente de positivo para negativo e vice-versa, os dipolos tentam seguir essas trocas e criam calor por fricção (FELLOWS, 2006) e assim, a água é liberada na forma de vapor para o meio.

O modelo completo das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, para conteúdo de umidade, não foi significativo ($P = 0,0642$), com R^2 alto de 0,8753, C.V. alto de 31,92 % e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,4176$) (Apêndice A4). O modelo completo não pode ser considerado preditivo, porém o modelo ajustado (Tabela 7) pode servir para verificar a tendência

da resposta. Neste modelo somente a variável tempo de torra foi significativa (efeito linear com $P = 0,0034$ e quadrático com $P = 0,0330$) e a partir dele foi traçado gráfico de regressão linear apresentado na Figura 4b.

As farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja tiveram seu conteúdo de umidade diminuído com a torração, semelhante ao ocorrido com a cv. BRS Primavera. A farinha da cv. BRS Sertaneja torrada em baixo tempo [10 min e umidade de $23,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$] obteve o maior valor para umidade [$4,59 \text{ g (100 g)}^{-1}$], sendo este valor 30,1% superior ao maior teor de umidade encontrado para as farinhas torradas da cv. BRS Primavera.

Para as farinhas torradas da cv. IRGA 417 o teor de umidade também não obteve modelo matemático completo significativo ($P = 0,0906$), o coeficiente de determinação do modelo foi de 0,7852, o C.V. médio de 19,86% e a FA significativa (0,0382), servindo apenas para verificar a tendência da resposta (Apêndice A5). O efeito linear do tempo de torra foi significativo ($P = 0,0043$), já o efeito quadrático do tempo de torra e da umidade não foram ($P = 0,0812$ e $P = 0,1569$, respectivamente), mas foram mantidos no modelo pois melhoram seu ajuste. A partir deste modelo (Tabela 7) foram elaborados gráficos de superfície de resposta e curvas de nível (Figura 5).

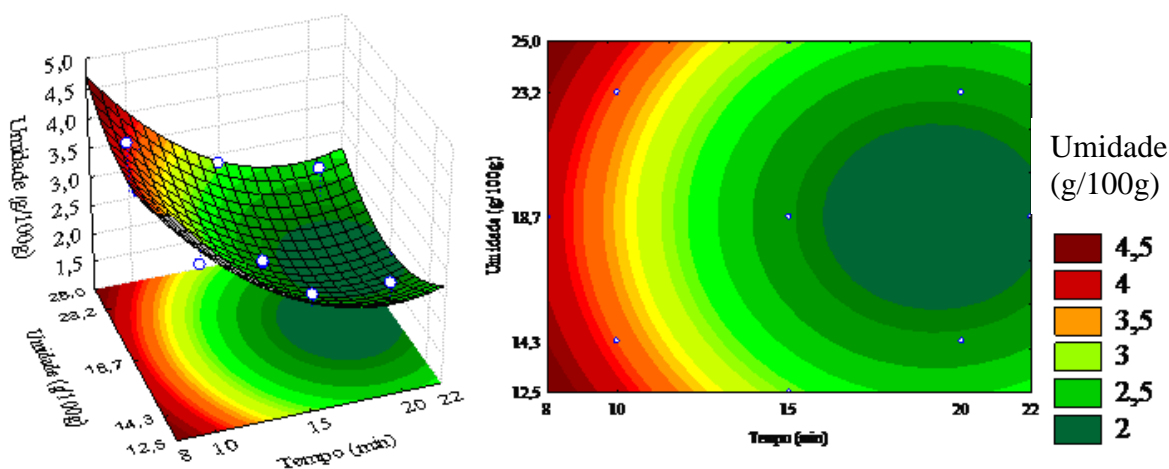


Figura 5. Teor de umidade das farinhas de arroz da cv. IRGA 417 torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.

Com aumento do tempo de torra até 16 min, a umidade das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417 diminuiu, não se alterando após este período. Visualiza-se a existência de uma

área de umidade mínima [2 g (100 g)⁻¹], obtida quando as farinhas foram submetidas a tempos superiores a 16 min de torra e apresentavam umidades entre 16 e 21,8 g (100 g)⁻¹.

Observou-se uma diminuição do conteúdo de umidade nas farinhas processadas em relação às cruas em todas as cultivares estudadas (Tabela 6 e Apêndice A1). A farinha crua da cv. BRS Primavera apresentou umidade 71,82% superior ao maior resultado encontrado entre os tratamentos das farinhas torradas desta cultivar. A diferença de umidade entre cruas e torradas foi 90,52% maior do que o menor resultado obtido, sendo essa tendência também foi observada nas demais cultivares. A maior variação de resposta entre as farinhas cruas e torradas ocorreu para a cv. BRS Primavera e que a cv. IRGA 417 obteve a menor, podendo-se afirmar que essa cultivar sofreu menos os efeitos do processamento sobre a composição química quando comparada com as demais cultivares analisadas.

Em trabalho com *blends* de cafés arábica torrados, nos quais foi avaliado a influência do tempo e da temperatura de torra sobre as características físicas, químicas e sensoriais destes, Moura et al. (2007), concluíram que as amostras menos torradas apresentaram-se mais úmidas que as demais, sendo que esta resposta variou de 0,28 a 0,93%. Demonstrando assim a tendência de diminuição do teor de umidade quando se emprega tal processamento sobre produtos alimentícios.

A umidade média das farinhas de mandioca torrada variaram de 5,48 a 7,59% em trabalho de Chisté et al. (2006), estando bem acima dos teores de umidade encontrados nas farinhas de arroz torradas nesta pesquisa. Contudo, em outro trabalho a variação de umidade de farinha de mandioca torrada foi de 1,64 a 2,12% (CHISTÉ, 2007). Valores mais próximos dos aqui determinados. No primeiro trabalho citado as farinhas de mandioca torradas eram comerciais e no segundo, apesar de não serem amostras comerciais, não se cita como foi realizado o processo de torra. Na literatura existem poucas informações a esse respeito. Os autores acima afirmam que há heterogeneidade no processo de fabricação da farinha de mandioca torrada e que numa mesma propriedade ou processo é raro ocorrer uniformidade no produto final.

Em trabalho sobre secagem de trigo em micro-ondas Monks, Costa e Soares (2003) observaram que o maior aumento de temperatura ocorreu na fase inicial da secagem por micro-ondas, mas sem intensa remoção de umidade, porque a maior parte da energia do processo foi gasta na orientação da molécula de água no campo elétrico. Por sua vez, Shivhare, Raghavan e Bosisio (1994) relataram um aumento na taxa de secagem de milho na fase inicial do processo,

quando houve aumento drástico de temperatura e ocorreu absorção máxima das ondas eletromagnéticas. Ainda não há consenso sobre o período exato no qual ocorre a máxima remoção de água durante a secagem por micro-ondas.

Todas as farinhas de arroz, cruas e torradas, enquadraram-se dentro da Resolução da CNNPA nº 12, de 1978, que estabelece que a farinha de arroz deve conter até 13% de umidade (CNNPA, 1978).

- Cinzas

As farinhas torradas da cv. BRS Primavera obtiveram para teor de cinzas modelo completo não significativo ($P = 0,0805$), com coeficiente de determinação explicando 79,62% das respostas, C.V. médio de 17,71% e FA não significativa (0,8643), conforme Apêndice A6. Somente o efeito linear do tempo de torra foi significativo ($P = 0,0315$), porém todos os outros efeitos foram mantidos no modelo. Assim, a partir do modelo completo (Tabela 7) foram elaborados gráficos bi e tridimensionais, que apresentam a variação do teor de cinzas em função do tempo de torra e da umidade das farinhas (Figura 6).

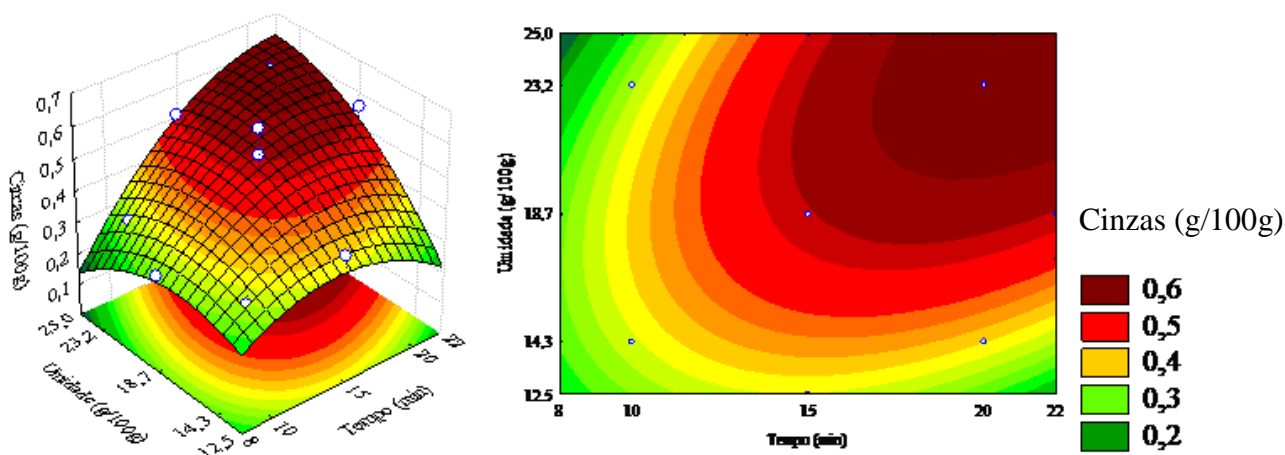


Figura 6. Teor de cinzas das farinhas de arroz da cv. BRS Primavera torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.

Visualiza-se região de maior conteúdo de cinzas [$0,6 \text{ g } (100\text{g})^{-1}$], sendo obtida nas farinhas submetidas aos maiores tempos de torra (acima de 16 min) e umidades superiores a 19 g (100 g)⁻¹. As farinhas torradas da cv. BRS Primavera obtiveram teores de cinzas duas vezes

maiores que os obtidos pela farinha crua (Apêndice A1). Assim, observa-se que o processamento, para esta cultivar, aumentou o teor de cinzas (Figura 6).

Medeiros e Lannes (2009), que avaliaram quimicamente substitutos de cacau, afirmaram que o excesso de torrefação pode explicar o aumento do teor de cinzas, pois ocorre perda de parte da matéria orgânica, sob a forma de CO e CO₂ aumentando a razão minerais-compostos orgânicos.

O modelo completo para o teor de cinzas das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja não foi significativo ($P = 0,3924$), obtendo R^2 baixo (56,38%) e C.V. também baixo (4,88%). A FA não foi significativa (0,6917), conforme observado no Apêndice A7. Não houve variação do conteúdo de cinzas das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja quando comparado com os obtidos na farinha crua (Tabela 6).

Conforme observado no Apêndice A2 a farinha de arroz torrada da cv. IRGA 417 obteve o maior teor de cinzas ($P \leq 0,05$) no ensaio 1 [10 min de torra e umidade de 14,3 g (100 g)⁻¹], enquanto os menores teores ($P \leq 0,05$) foram verificados nos ensaios 5 [8 min e 18,7 g (100 g)⁻¹] e 9 [15 min e 18,7 g (100 g)⁻¹]. Os ensaios 2, 3, 4, 6 e 8 não diferiram entre si ($P > 0,05$), assim como os ensaios 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

As amostras torradas obtiveram variação de conteúdo de cinzas, sendo esta mais evidente na cv. BRS Primavera. O teor de cinzas entre as farinhas torradas desta cultivar variou 51,6%, para a cv. BRS Sertaneja a variação foi de 16,7%, enquanto que entre as amostras da cv. IRGA 417 a variação do teor de cinzas foi de 20,0%. Os teores de cinzas encontrados em farinhas de mandioca torradas do tipo seca variaram de 0,54 a 0,90% (CHISTÉ et al., 2006) e em farinhas de mandioca torradas do grupo d'água de 0,40 a 0,54% (CHISTÉ et al., 2007), valores mais elevados do que os obtidos para as farinhas de arroz torradas.

- Proteína

Na farinha de arroz torrada da cv. BRS Primavera os maiores teores de proteína foram observados nos ensaios 9 [15 min de torra e umidade de 18,7 g (100 g)⁻¹], 2 [20 min e 14,3 g (100 g)⁻¹] e 3 [10 min e 23,2 g (100 g)⁻¹], que não diferiram entre si ($P \leq 0,05$). O menor teor de proteína foi observado no ensaio 10 [15 min e 18,7 g (100 g)⁻¹]. Os ensaios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 e 11 não diferiram entre si ($P \leq 0,05$) e os ensaios 4, 5, 6, 8, 10 e 11 também não (Apêndice A2).

O modelo completo para proteína das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja não foi significativo ($P = 0,0697$), apresentou R^2 de 0,8088, C.V. baixo (1,09%) e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,2320$), conforme apresentado no Apêndice A10. O modelo foi ajustado pela retirada dos termos não significativos (tempo quadrático e umidade linear). O efeito da interação umidade e tempo não foi significativo ($P = 0,2000$), porém foi mantido no modelo, ficando com R^2 de 0,7646 (Tabela 7). Os efeitos linear do tempo e quadrático da umidade foram significativos ($P = 0,0386$ e $P = 0,0069$, respectivamente), sendo traçados gráficos a partir do modelo ajustado apresentados na Figura 7.

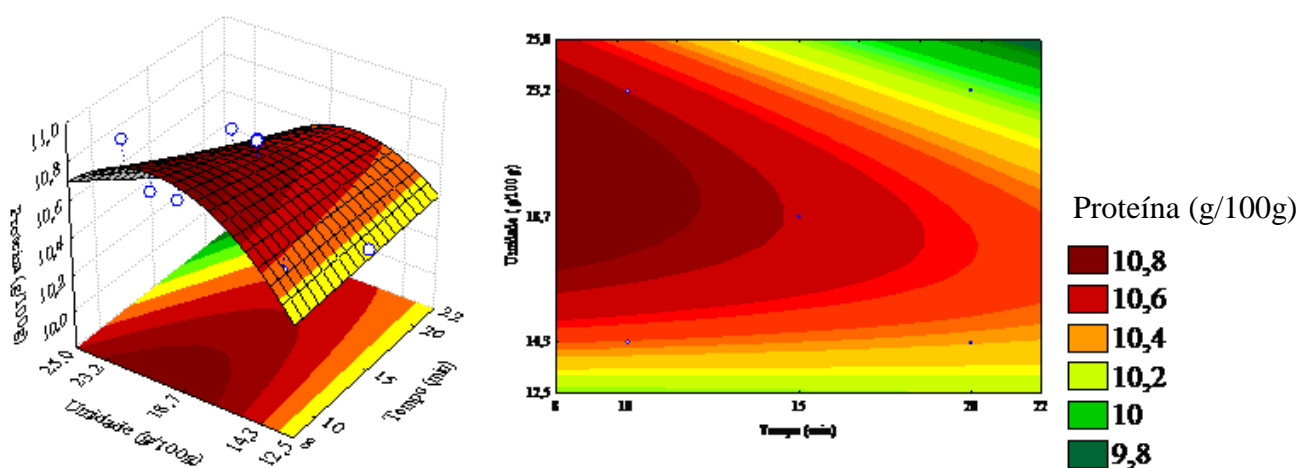


Figura 7. Conteúdo protéico das farinhas de arroz da cv. BRS Sertaneja torradas em micro-ondas, em função das variáveis tempo de torra e umidade.

Em umidades abaixo de $16,2 \text{ g (100g)}^{-1}$ não ocorreu variação no teor de proteína à medida que aumentou o tempo de torra das farinhas da cv. BRS Sertaneja. Somente com farinhas de arroz mais úmidas [acima de $16,2 \text{ g (100g)}^{-1}$] ocorreu diminuição do teor protéico com o passar do tempo de torração (Figura 7). Os maiores teores de proteína foram observados em farinhas com umidade entre $17,6$ e $23,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$ e tempo de torra até 14 min.

Na farinha de arroz torrada da cv. IRGA 417 o maior teor de proteína ($P \leq 0,05$) foi observada no ensaio 4 [20 min de torra e umidade de $23,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$] e o menor ($P \leq 0,05$) no ensaio 1 [10 min e $14,3 \text{ g (100 g)}^{-1}$]. O teor protéico das farinhas submetidas aos demais ensaios não diferiram dos obtidos no ensaio 1 e 4 e nem entre si ($P > 0,05$) (Apêndice A2)..

O teor de proteína é um dos principais fatores para uma melhor funcionalidade das farinhas, sendo encontrados na literatura vários valores, por exemplo de $45,92 \text{ g (100 g)}^{-1}$ para

farinha de amêndoas de castanha-do-Pará, secas e desengorduradas (SANTOS et al., 2010), entre 0,76 a 1,21 g (100 g)⁻¹ para farinhas de mandioca (DIAS; LEONEL, 2006; CHISTÉ et al., 2007) e 46,7 g (100 g)⁻¹ para farinha de soja (SILVA et al., 2006).

El-Saied et al. (1979) estudaram variedades egípcias de arroz e constataram que o conteúdo de proteína foi negativamente correlacionado com a viscosidade máxima, ou seja, quanto maior o valor de proteína menor a viscosidade máxima e vice-versa. A afirmação destes autores corrobora, com os resultados da farinha de arroz da cv. BRS Sertaneja, pois os menores valores de Pico de viscosidade foram obtidos em tempos de torra superior a 15 min, enquanto que os maiores teores protéicos foram encontrados com torra de 8 a 19 min, enquadrando assim a faixa de viscosidade na qual as farinhas não apresentaram nenhum Pico. Isso ocorre porque a proteína pode atuar como uma barreira física para o intumescimento do amido, uma vez que os grânulos de amido são encaixados na matriz protéica.

- Lipídios

As farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera obtiveram modelo completo significativo ($P = 0,0392$) em relação ao conteúdo de lipídios, com R^2 explicando 85,12% das respostas, coeficiente de variação médio (13,25%) e FA significativa (0,0273) (Apêndice A12). O modelo completo não pode ser considerado preditivo, contudo pode ser ajustado e usado para verificar a tendência das respostas. O efeito linear do tempo ($P = 0,0110$) e o efeito quadrático da umidade foram significativos ($P = 0,0134$), enquanto que o efeito linear da umidade não foi ($P = 0,2193$). Apesar disto foi deixado, pois melhorou o ajuste do modelo. A partir do modelo ajustado (Tabela 7) foram traçados gráficos de superfície de resposta e curva de nível que apresentam a variação do conteúdo de lipídios em função do tempo de torra em micro-ondas e da umidade das farinhas (Figura 8a).

Com o aumento do tempo de torra das farinhas da cv. BRS Primavera ocorreu diminuição do conteúdo de lipídios. Nota-se na Figura 8a que o menor conteúdo de lipídios foi encontrado nas farinhas submetidas a tempo de torra superior a 20 min e com umidade entre 16 e 18,7 g (100 g)⁻¹ (área delimitada pelo semi-círculo branco). Já os maiores valores para essa resposta situaram-se nos extremos de umidade estudados, evidenciando o efeito quadrático desta variável. Possivelmente, em tempos mais elevados de torra ocorreu o favorecimento da formação de

complexos entre lipídios-proteínas e/ou lipídios-carboidratos, diminuindo o conteúdo nutricional das farinhas mais torradas desta cultivar.

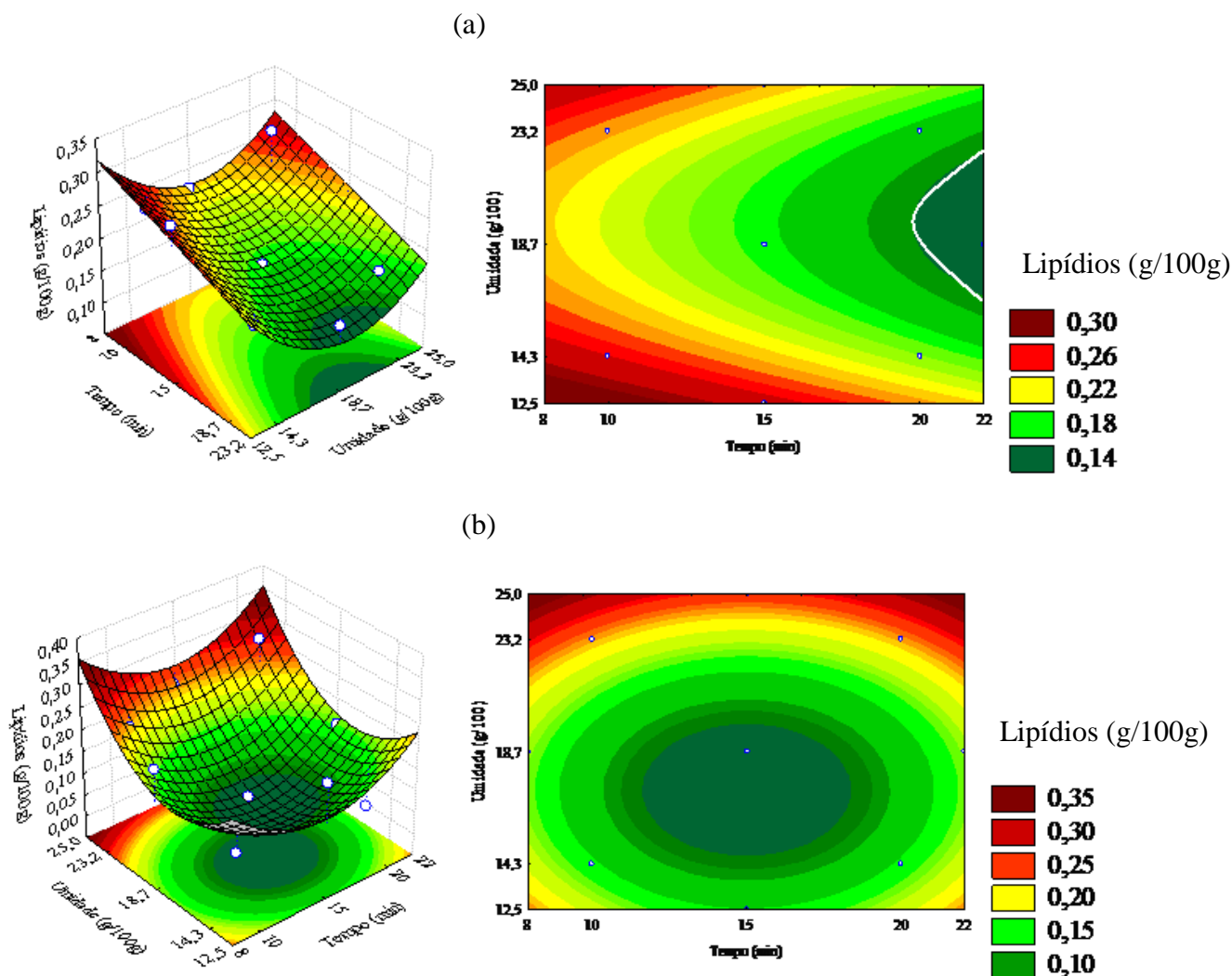


Figura 8. Conteúdo de lipídios das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a) e BRS Sertaneja (b) torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.

O modelo de regressão completo para o teor de lipídios das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja não foi significativo ($P = 0,1751$), com R^2 de 0,7092, C.V. muito alto (42,89%) e falta de ajuste significativa ($FA = 0,0003$), conforme Apêndice A13. Assim, o modelo ajustado serve somente para verificar a tendência das respostas, sendo que o efeito quadrático da umidade foi significativo ($P = 0,0265$). Mesmo não sendo significativos, os efeitos quadrático do tempo ($P = 0,0852$) e linear da umidade ($P = 0,0703$) foram mantidos no modelo, pois estes melhoram o

ajuste. A partir deste modelo (Tabela 7) foram elaborados gráficos bi e tridimensionais, que consideram as variáveis independentes (Figura 8b).

O menor teor de lipídios das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja ocorreu nos valores intermediários para as variáveis tempo de torra (11,7 a 18,6 min) e umidade [14,3 a 20 g (100 g)⁻¹]. As farinhas de arroz submetidas aos extremos de tempo de torra e condicionadas para os maiores teores de umidade [acima de 24 g (100 g)⁻¹] possuem os maiores conteúdos de lipídios. Percebe-se no gráfico de curvas de nível a influência do efeito quadrático do tempo de torra e da umidade, pois com o aumento do tempo até 12 min ocorre uma diminuição dos valores de lipídios, tendendo a um aumento desta resposta com a continuação da torração após 19 min (Figura 8b).

Quando se compara farinhas de arroz torradas com as cruas, ambas da cv. BRS Primavera, observa-se que mesmo os maiores teores de lipídios das torradas foi menor do que o valor encontrado para a farinha crua, sendo essa diferença de quase 20%. Entre as farinhas de arroz torradas houve uma variação no teor de lipídios de 0,15 a 0,29 g (100 g)⁻¹, enquanto que na farinha crua a média foi 0,36 g (100 g)⁻¹. Possivelmente, isso aconteceu devido hidrólise e decomposição dos triglicerídeos e consequente liberação de ácidos graxos com formação de compostos voláteis, responsáveis pelo aroma, com o passar do processo de torra (LICCIARDI et al., 2005), ou ainda pela complexação com proteínas e carboidratos, principalmente amilose (HIBI, 1994).

Nas farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja a variável umidade foi a variável de maior influência sobre a resposta, podendo-se supor que a umidade elevada das farinhas dificultou a atuação do calor, inibindo a hidrólise e decomposição dos lipídios. Somente em baixa umidade ocorreu a diminuição dos teores de lipídios. As farinhas de arroz torradas e mais úmidas da cv. BRS Sertaneja obtiveram conteúdo de lipídios quase 35% mais elevado que a farinha crua, podendo-se supor também que o início do processamento liberou os lipídios que estavam “presos” em complexos e a continuação da torra fez com que ocorresse nova diminuição dos teores de lipídios pela formação de compostos voláteis.

Conforme observado no Apêndice A2 as farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417 com maior teor de lipídios foram às submetidas ao ensaio 1 [10 min de torra e umidade de 14,3 g (100 g)⁻¹]. Este ensaio obteve média de 0,36 g (100 g)⁻¹ e não diferiu ($P > 0,05$) das médias dos ensaios

6, 7, 9, 10 e 11. As menores médias do teor de lipídios foram observadas nos ensaios 4 e 5. Estas não diferiram ($P > 0,05$) das médias dos ensaios 2 e 3.

Os valores de lipídios encontrados para as farinhas de arroz torradas deste estudo são inferiores ou próximos aos encontrados para outros farináceos, sendo que farinhas de castanha-do-Pará obtiveram um teor médio de $26,09 \text{ g (100 g)}^{-1}$, após serem secas e desengorduradas (SANTOS et al., 2010). Farinhas de mandioca torradas são relatadas na literatura como possuindo teores de lipídios de $0,13 \text{ g (100 g)}^{-1}$ (DIAS; LEONEL, 2006) e $0,26 \text{ g (100 g)}^{-1}$ (SOUZA; MENEZES, 2004). E farinhas de soja desengordurada obtiveram conteúdo médio de $1,67 \text{ g (100 g)}^{-1}$ segundo Silva et al. (2006).

- Carboidratos

Os resultados médios do conteúdo de carboidrato das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera variaram entre $72,3 - 89,8 \text{ g (100 g)}^{-1}$. O maior teor de carboidratos foi observado no ensaio 9 [15 min de torra e umidade de $18,7 \text{ g (100 g)}^{-1}$], esta média não diferiu das médias dos ensaios 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 e 1 ($P > 0,05$). O menor teor de carboidrato para as farinhas torradas desta cultivar foram observados no ensaio 10 [15 min e $18,7 \text{ g (100 g)}^{-1}$], que não diferiu ($P > 0,05$) das médias dos ensaios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 3 9 (Apêndice A2).

O modelo matemático completo para o teor de carboidratos das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja não foi significativo ($P = 0,2659$), com R^2 baixo de 0,6438, C.V. baixo (0,18%) e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,1454$), de acordo com o Apêndice A16. Contudo, no modelo ajustado foi considerado a influência dos efeitos linear do tempo ($P = 0,0722$) e da umidade ($P = 0,1562$), além do efeito quadrático da umidade ($P = 0,0831$), sobre o conteúdo de carboidratos. Assim, o coeficiente de determinação do modelo ajustado explicou 61,28% das respostas (Tabela 7) e a partir deste modelo foram elaborados gráficos de superfície de resposta e curvas de nível (Figura 9).

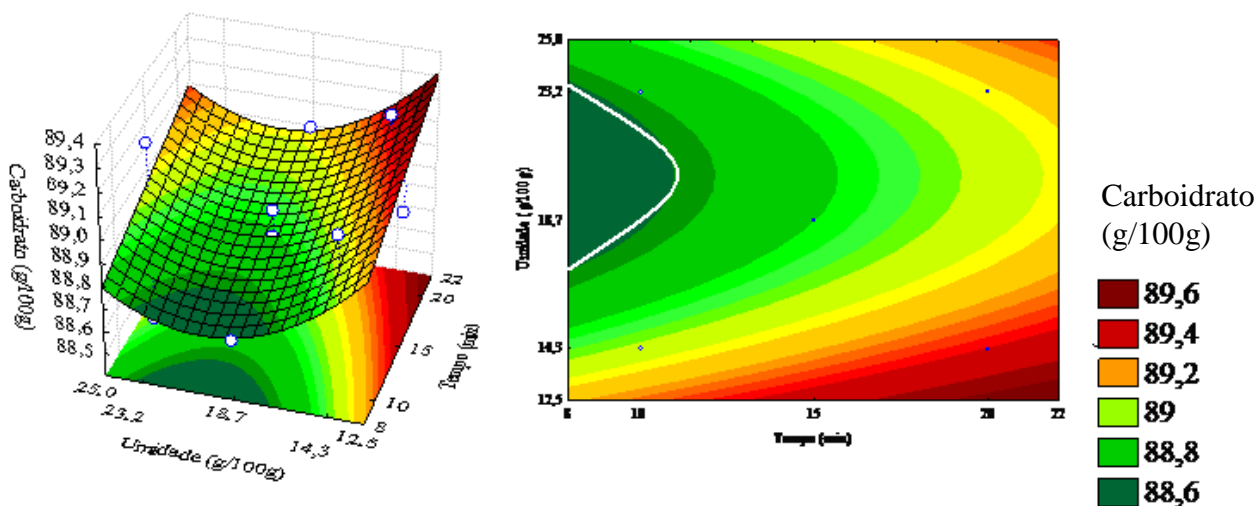


Figura 9. Teor de carboidrato das farinhas de arroz da cv. BRS Sertaneja torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.

O maior conteúdo de carboidrato ocorreu nas farinhas processadas com tempo de torra acima de 19,5 min e com baixa umidade [inferior a $13,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$]. As farinhas com umidade entre 17 e $23,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$ e com tempo de torra até 11 min obtiveram menor teor de carboidrato [$88,8 \text{ g (100 g)}^{-1}$], conforme semi-círculo na Figura 9.

As médias dos carboidratos da cv. IRGA 417 variaram entre 89,74 e 90,28 g (100 g)^{-1} e não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$), mostrando assim, que o processo de umidificação, seguido da torra em micro-ondas não altera o conteúdo de carboidratos das farinhas de arroz da cv. IRGA 417 (Apêndice A2).

Analisando amostras de arroz parboilizadas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja, GARCIA (2009), encontrou maior conteúdo de carboidrato para cv. BRS Sertaneja, sendo este influenciado pela época de colheita e concluindo que o tipo de tratamento empregado não alterou significativamente o teor de carboidratos destas cultivares. Também não se percebe neste estudo grandes variações numéricas em relação ao conteúdo de carboidrato das farinhas de arroz torradas, sendo essa variação de 1%, 0,7% e 0,5%, respectivamente para as farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417. No entanto, quando analisadas pelo teste Tukey as farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera mostraram diferenças entre os tratamentos.

No presente estudo as maiores concentrações de carboidrato foram encontradas nas farinhas torradas da cv. IRGA 417.

Zanão et al. (2009) estudaram o efeito da radiação gama sobre o conteúdo nutricional de grãos de arroz oriundos da região Sul do Brasil, encontrando variação de 79,85 a 81,25% do teor de carboidrato no arroz cru e de 25,65 a 29,45% no arroz cozido, concluindo que também a radiação não afetou o conteúdo deste nutriente.

5.1.2 Teor de Amilose

A determinação do teor de amilose (TA) serve como indicador do comportamento do arroz e seus derivados ao ser cozido e processado (AACC, 1972). A curva de calibração (Figura 10) foi construída para determinar o teor de amilose e serviu como referência para os teores de amilose das amostras testadas. O valor do coeficiente de determinação da curva (R^2) foi muito próximo de 1, comprovando a confiabilidade dos resultados obtidos.

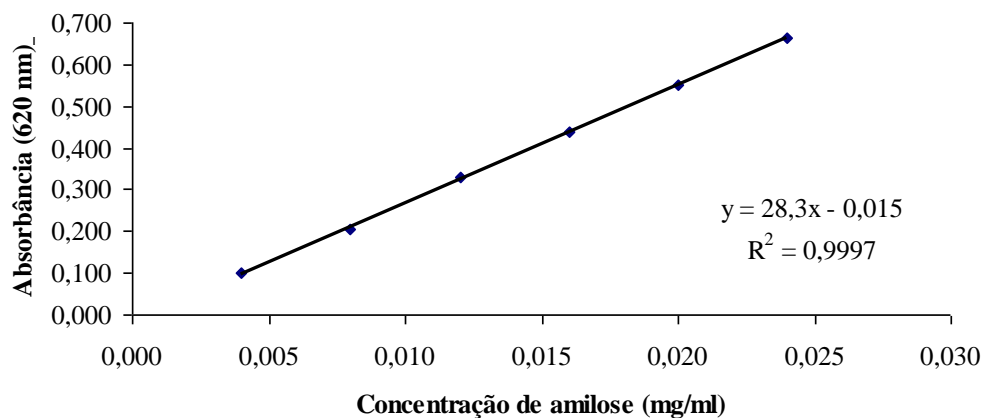


Figura 10. Curva de calibração da amilose padrão.

Os percentuais de amilose (b.s) das farinhas cruas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 estão apresentados na Tabela 8.

Houve diferença ($P \geq 0,05$) entre as farinhas de arroz cruas analisadas. A cv. IRGA 417 apresentou maior conteúdo de amilose, sendo que seu resultado foi 12,85% superior ao resultado encontrado para cv. BRS Primavera e 9,13% maior que o da cv. BRS Sertaneja.

Tabela 8. Percentual médio de amilose (b.s) das farinhas de arroz cruas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

PARÂMETRO	CULTIVARES		
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	IRGA 417
Teor de amilose (%)	26,283 ± 0,25 ^c	27,403 ± 0,10 ^b	30,158 ± 0,20 ^a

Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

O TA observado em outros cereais foi de 32,23% para aveia (GALDEANO et al. 2009; SHAMEKH; FORSELL; POUTANEN, 1994), de 7,1% para quinoa (TANG; WATANABE; MITSUNAGA, 2002), variação de 28 - 33% em milho (TSAI; LI; LII, 1997; CHUNG; LAI, 2005) e em cevada o teor de amilose encontrado foi de 29,2% (TANG; WATANABE; MITSUNAGA, 2002). Exceto para a quinoa, que tem baixo conteúdo de amilose, as demais fontes apresentaram TA maiores que os obtidos para as farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja, sendo próximos aos valores de TA da cv. IRGA 417.

Variação de 18,4% a 23,88% de teor de amilose para farinha de arroz, de cultivares não identificadas, foram relatadas por Yu e Wang (2007), Clerici e El-Dash (2008) e por Zanão et al. (2009), enquanto as farinhas cruas das cultivares aqui pesquisadas obtiveram valores superiores.

Os percentuais médios de amilose das farinhas torradas das três cultivares pesquisadas estão apresentados no Apêndice B1. Os modelos de regressão ajustados e os coeficientes de determinação (R^2) para essas respostas estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação do teor de amilose (%) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

CULTIVAR	MODELO ($P \leq 0,05$)	R^2
BRS PRIMAVERA	$y = 26,045 - 1,275x_1 - 0,077x_1^2 + 0,191x_2$	0,9811
BRS SERTANEJA	$y = 26,859 - 0,759x_1 - 0,933x_1^2 - 0,279x_2$	0,8869
IRGA 417	$y = 29,407 - 2,475x_1 - 2,040x_1^2 - 0,719x_2 - 0,561x_2^2 - 2,654x_1x_2$	0,9390

y = teor de amilose; x1 = tempo (min); x2 = umidade [g (100 g)⁻¹]; termos escritos em itálico = o efeito apesar de não ser significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, contribuiu para melhorar o ajuste do modelo.

As farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera obtiveram modelo completo significativo ($P = 0,0001$) para o teor de amilose, com R^2 de 0,9894, diminuindo pouco no modelo ajustado ($R^2 = 98,11\%$), coeficiente de variação baixo (0,75%) e FA não significativa (0,9345), podendo ser considerado um modelo preditivo (Apêndice B2). Os efeitos, linear e

quadrático, do tempo de torra (ambos com $P = 0,0000$) e linear da umidade ($P = 0,0412$) foram todos significativos. A partir deste modelo ajustado (Tabela 9) foram elaborados gráficos bi e tridimensionais, apresentados na Figura 11a.

À medida que aumenta o tempo de torração das farinhas de arroz da cv. BRS Primavera observa-se diminuição dos teores de amilose, provavelmente devido formação de complexos com lipídios e proteína (HIBI, 1994). Nota-se região de conteúdo de amilose elevado (27%) para farinhas torradas entre 8 e 14,5 min e umidade acima de 15 g (100g)⁻¹ (área delimitada pelo semi-círculo) (Figura 11a). Os menores valores de TA obtido nas farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera foram obtidos em tempo de torra elevado (acima de 21 min).

Para o teor de amilose das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja foi possível verificar pela análise de variância, que o modelo completo foi significativo ($P = 0,0142$), com falta de ajuste não significativa ($FA = 0,3949$), R^2 explicando 90,31% das respostas, C.V. baixo (1,83%), podendo ser considerado um modelo preditivo (Apêndice B3). Os efeitos, linear e quadrático, do tempo de torra foram os mais importantes para esta resposta ($P = 0,0018$ e $P = 0,0012$, respectivamente). Apesar do efeito linear da umidade não ser significativo ($P = 0,1155$) foi mantido para melhoria do modelo (Tabela 9). Foram elaborados gráficos de superfície de resposta e curvas de nível a partir deste modelo ajustado (Figura 11b).

Observa-se uma tendência ao aumento do TA das farinhas de arroz torradas até 27% sob tempos entre 10 - 16 min em farinhas com umidade abaixo de 18,7 g (100 g)⁻¹ (área delimitada pelo semi-círculo na Figura 11b). Continuando esse processo de torra, observa-se que ocorreu uma diminuição do TA até 24%. Assim, observa-se que as farinhas com conteúdo mais alto de amilose foram processadas em tempos intermediários de torra e baixa umidade.

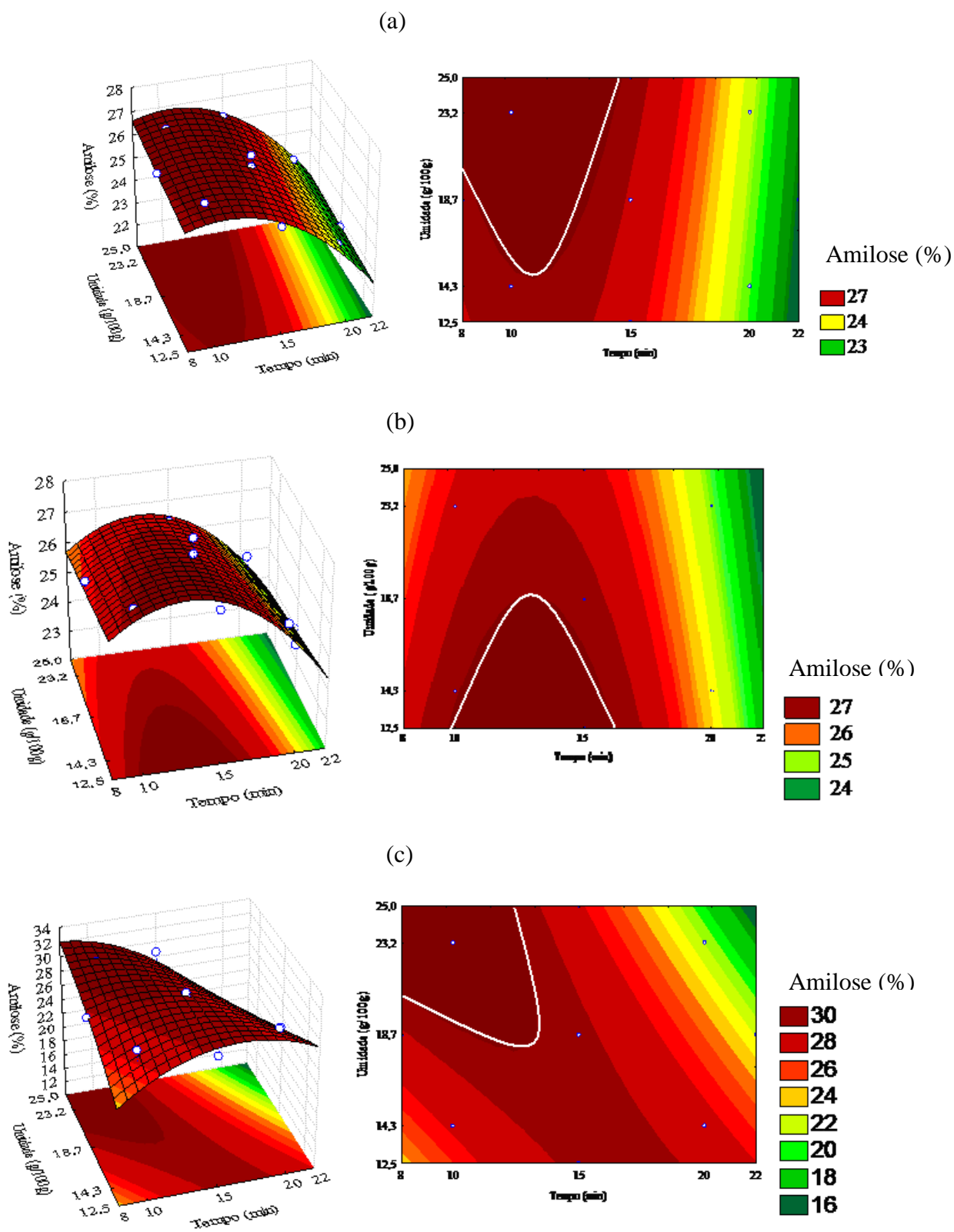


Figura 11. Teor de amilose das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas, em função das variáveis tempo de torra e umidade.

As farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, para o teor de amilose, obtiveram um modelo completo significativo ($P = 0,0047$), explicando 93,9% das respostas, com C.V. baixo de 4,23% e falta de ajuste significativa ($FA = 0,0372$). Possivelmente essa falta de ajuste é aparente, pois o Q.M. do erro puro (0,08) é pequeno em relação ao Q.M da falta de ajuste (22,06), podendo-se considerar o modelo para fins preditivo (WASZCZYNSKYJ; RAO; SILVA, 1981) (Apêndice B4). O efeito da interação da umidade com o tempo ($P = 0,0061$) e os efeitos linear e quadrático do tempo de torra ($P = 0,0018$ e $P = 0,0090$) foram significativos. Enquanto, os efeitos da umidade (linear e quadrático) não foram significativos ($P = 0,1419$ e $P = 0,3058$, respectivamente), porém foram mantidos para melhoria do ajuste do modelo (Tabela 9). A partir do modelo completo foram elaborados gráficos de superfície de resposta e curvas de nível (Figura 11c).

Em tempos de torração acima de 21,5 min e umidade superior a $23,5 \text{ g } (100 \text{ g})^{-1}$ observaram-se os menores resultados de TA para as farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417. Nos menores tempos de torra (até 13,3 min) e umidade acima de $18,5 \text{ g } (100 \text{ g})^{-1}$ observou-se o inverso, ou seja, os maiores teores de amilose destas farinhas (30%) (área delimitada pelo semi-círculo na Figura 11c).

Comparando a variação de TA das cultivares observa-se na Figura 11 que esta foi de 23% a 27% para farinhas torradas da cv. BRS Primavera e de 24% a 27% para a cv. BRS Sertaneja, sendo praticamente idêntico o conteúdo de amilose destas duas cultivares. Todas as amostras analisadas foram classificadas como de teor de amilose intermediária (Tabela 4), ou seja, os grãos destas cultivares tendem a ser macios e soltos quando cozidos e os géis formados pelas farinhas a serem macios. Já a variação do TA das farinhas de arroz da cv. IRGA 417 foi de 16% a 30%, sendo a cultivar que apresentou maior conteúdo de amilose e estas podem ser classificadas como de teor baixo, intermediário e alto de amilose segundo classificação adaptada de Martínéz e Cuevas (1989) (Tabela 4).

A mesma classificação (TA intermediário) foi encontrado para a cv. BRS Primavera por Ferreira e Pinheiro (2003) e Fonseca (2009), ambos para amostras de arroz parboilizado. Já Vieira et al. (2008) estudando a cv. BR-IRGA 410, cultivar de sistema irrigado, verificaram que o teor de amilose das amostras de arroz aumentou em 3,7% após o processo de parboilização,

diferente do que aconteceu com as farinhas submetidas ao processo de torra em micro-ondas da cv. IRGA 417, que diminuíram em até 35,6% o TA quando comparadas com a farinha crua.

Quando se compara as farinhas cruas com as torradas, observa-se na Tabela 9 e Apêndice B1, que as farinhas torradas com maior conteúdo de amilose (as menos torradas para cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja e a de torra intermediária para cv. IRGA 417) praticamente não se diferenciaram numericamente do TA das farinhas cruas. Contudo, as mais torradas e com menor TA diminuíram bem essa resposta quando comparadas com as suas farinhas cruas.

Autores que trabalharam com arroz irradiado concluíram que a irradiação afeta o conteúdo de amilose, quando comparados com o arroz sem irradiação. Foi observado tendência a diminuição desta resposta com doses mais elevadas de irradiação, variando de 1 a 6,6% os teores de amilose do arroz irradiado. Para esses autores a diminuição pode ser explicada pela quebra ou divisão das cadeias longas de amilopectina que ocorreu nas regiões amorfas, tendo pouco efeito nas regiões cristalinas dos grânulos de amido, em decorrência de elevadas doses de irradiação (BAO; AO; JANE, 2005; YU; WANG, 2007; ZANÃO et al., 2009). Assim, como ocorreu diminuição do TA das farinhas torradas aqui pesquisadas, pode-se supor que, como na irradiação ocorreu a quebra das cadeias de amilose e amilopectina em tempos mais elevados de torra.

Segundo Gonzalez, Livore e Pons (2004), o arroz com maior teor de amilose e com amilopectina de cadeia mais longa, tende a apresentar propriedades de cozimento com textura mais dura. O arroz com conteúdo mais baixo de amilose e com amilopectina de cadeia mais curta tende a apresentar textura mais macia após o cozimento. Portanto, a redução do percentual de amilose como aconteceu durante o processo de torração pode contribuir para uma textura mais macia do grão após cozimento e, no caso das farinhas, das pastas formadas.

A importância de se avaliar e conhecer o conteúdo de amilose do arroz e seus derivados está na relevância desta para a textura pós-cozimento e dos géis formados a partir destes amidos. Em trabalho com onze variedades de arroz de diferentes teores de amilose Bhattacharya, Zee e Corke (1999) produziram macarrão a partir das farinhas destas, concluindo que o TA foi o fator que mais influenciou a obtenção e a qualidade do produto final.

Hibi (1994) constatou que a formação de um complexo helicoidal insolúvel entre amilose e lipídio resulta num retardamento da lixiviação da amilose dos grânulos de amido e conseqüentemente, ocorre uma menor retrogradação deste. Portanto, a diminuição no TA ocorrida nas farinhas torradas pode ter acontecido devido essa complexação, visto também que

nos maiores tempos de torra ocorreu diminuição dos teores de lipídios, principalmente para a farinha de arroz torrada da cv. Primavera (Figura 8a), o que pode ter contribuído para o decréscimo da retrogradação nessa situação também (Figura 23a).

5.2 ANÁLISES FÍSICAS DOS GRÃOS DE ARROZ E DAS FARINHAS

5.2.1 Renda do beneficiamento, rendimento de grãos inteiros e grau de polimento

A renda do beneficiamento, juntamente com o rendimento de grãos inteiros e grau de polimento (GP), das cultivares pesquisadas estão representados na Tabela 10.

Tabela 10. Renda de beneficiamento, rendimento de grãos inteiros e grau de polimento das cvs. de arroz BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

CULTIVAR	RENDA DO BENEFICIAMENTO (%)	RENDIMENTO DE GRÃOS INTEIROS (%)	GRAU DE POLIMENTO (%)
BRS PRIMAVERA	71,20	47,60	12,75
BRS SERTANEJA	71,56	62,20	13,33
IRGA 417	68,32	62,48	14,59

Observa-se que a cv. BRS Sertaneja apresentou maior renda do benefício (71,56%) em relação às outras cultivares pesquisadas. No trabalho de Fonseca (2009), esta também foi a cultivar com maior renda do beneficiamento, com valores de renda de 70,64% para cv. BRS Sertaneja e 69,24% para cv. BRS Primavera. A cv. IRGA 417 foi a que apresentou menor renda do beneficiamento (68,32%), estando de acordo com o Instituto Rio Grandense de Arroz - IRGA, que afirmou que a renda média do beneficiamento desta cultivar é de 69% (IRGA, 2009).

Em relação ao rendimento de inteiros, observou-se que a cv. IRGA 417 apresentou o maior valor (62,48%), semelhante ao publicado pelo IRGA (2009), de 62%. Em relação às outras cultivares pesquisadas, a cv. BRS Primavera apresentou menor rendimento de grãos inteiros de 47,60%, enquanto a cv. BRS Sertaneja apresentou rendimento intermediário (62,20%). A cv. BRS Sertaneja destacou-se pelo rendimento de grãos inteiros elevado e estável. Essa 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. A cv. BRS Primavera sofre acentuada

queda no rendimento de grãos inteiros em consequência do atraso na colheita, enquanto que a cv. BRS Sertaneja dá ao produtor um tempo maior caso ocorra algum imprevisto, pois seu ponto ideal de maturação para a colheita é mais avançado (Breseguello et al., 2006).

Observou-se neste trabalho que as cultivares avaliadas possuem comportamento distinto, principalmente a cv. BRS Primavera em relação as demais, quanto ao rendimento de inteiros no beneficiamento (Tabela 10). Provavelmente, devido às características próprias do grão de cada cultivar, tais como o diâmetro médio, teor de amilose e ao manuseio da lavoura, como por exemplo, a época de colheita (BHATTACHARYA, 1980). O processamento sofrido pelo grão, tais como o grau de polimento, temperatura de secagem e tempo de armazenamento também podem influenciar na quantidade de grãos inteiros. Um controle inadequado em qualquer dessas etapas pode resultar em fissuras, que reduzem o rendimento de inteiros (SHIMIZU et al., 2008).

Esses resultados sugerem que as cvs. BRS Sertaneja e IRGA 417 são mais adequadas para obtenção de arroz inteiros, sendo ideais para consumo cozido. Enquanto a cv. BRS Primavera, por produzir maior quantidade de grãos quebrados, pode ser utilizada pela indústria na produção de farinha de arroz para uso como ingrediente na formulação de produtos alimentícios, amido ou para produção de arroz parboilizado.

Quanto ao grau de polimento (GP) do arroz foram obtidos respostas com valores crescentes respectivamente para as cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417. Segundo Andrews e Kumar (1992) o aumento do grau de polimento resulta em maior remoção da camada de farelo e, conseqüentemente, redução na renda do benefício e no rendimento de inteiros. A relação do GP com a renda também foi observado no presente trabalho, havendo relação negativa entre o GP e a renda do benefício (Tabela 10).

5.2.2 Granulometria e módulo de finura

A característica granulométrica da matéria-prima processada constitui aspecto importante na formulação de massas alimentícias e produtos de panificação, pois uma distribuição adequada de partículas permite maior uniformidade do produto final. A absorção de água é uma característica tecnológica altamente influenciada pela granulometria da matéria-prima, com influência direta sobre as características sensoriais como aparência, sabor, textura e o tempo de cozimento das massas alimentícias (BORGES et al., 2003). Procurando caracterizar as farinhas

de arroz, tanto cruas quanto torradas, foi realizada a determinação granulométrica destas e também determinado o módulo de finura, que representa a uniformidade das partículas.

Na Figura 12 é apresentado gráfico representativo da classificação granulométrica das farinhas cruas das cultivares analisadas.

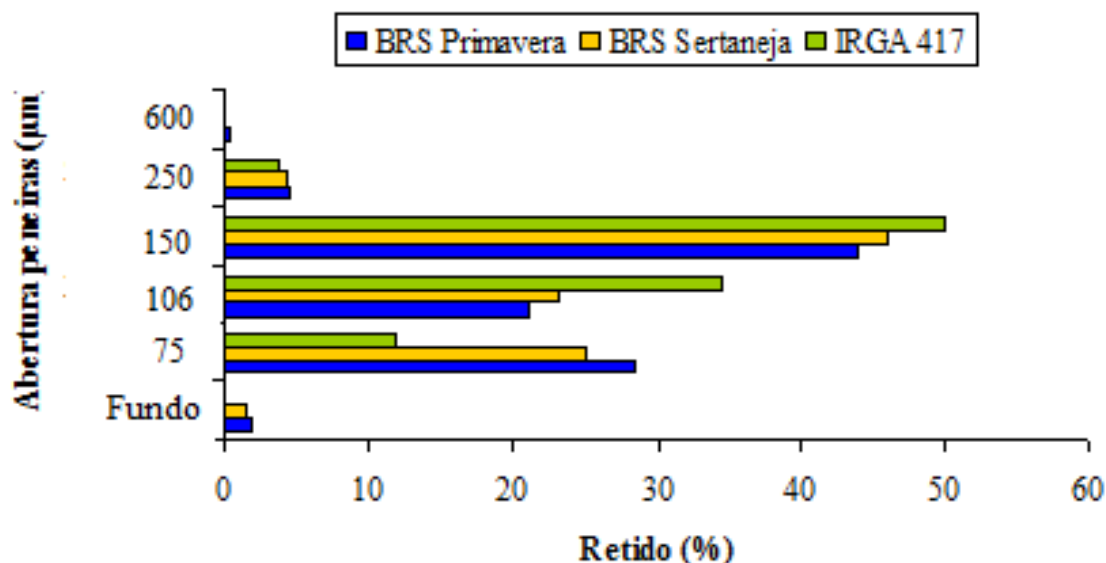


Figura 12. Classificação granulométrica das farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

A análise de granulometria realizada nas farinhas cruas das três cultivares indicou que a maior concentração das farinhas ficou retida na peneira de 150 µm de diâmetro (100 *mesh*), chegando a 50% de retenção para a farinha da cv. IRGA 417. Na terceira peneira com maior retenção (75 µm de diâmetro ou 200 *mesh*), a farinha crua da cv. BRS Primavera foi a de maior ocorrência (28,4%). Os dados numéricos, de um modo geral, sugerem que as farinhas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja apresentam perfil granulométrico mais parecido entre si. Esses dados, porém, divergem mais da cv. IRGA 417.

Para todas as cultivares a maior concentração das farinhas encontra-se na faixa de granulometria de 106 a 150 µm, sendo 65%, 69% e 84%, respectivamente para as cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417. Estes resultados são parecidos com os obtidos por Tedrus et al. (2001), que compararam a granulometria de farinhas de trigo, arroz e aveia, encontrando a maior porcentagem nas faixas abaixo de 125 µm, entre 125 e 212 µm e acima de 212 µm,

respectivamente para essas farinhas, demonstrando que a farinha de arroz crua tem granulometria intermediária entre esses cereais.

A partir dos resultados de granulometria foi determinado o módulo de finura (MF) e, de uma forma geral, quanto maior o valor de MF mais grossa é a farinha sendo que o contrário também é verdadeiro. Os resultados de MF das farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Módulo de finura das farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

CULTIVAR	MÓDULO DE FINURA
BRS PRIMAVERA	2,22
BRS SERTANEJA	2,26
IRGA 417	2,45

O módulo de finura das farinhas cruas demonstra que todas as farinhas estudadas podem ser classificadas, segundo Ortolan (2006), em farinhas finas. E a farinha crua da cv. IRGA 417 foi a mais grossa quando comparada com as demais farinhas cruas.

Os resultados da granulometria das farinhas torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 estão apresentados no Apêndice C1 e os resultados de MF destas farinhas estão apresentados no Apêndice C2. Os modelos de regressão ajustados e os coeficientes de determinação (R^2) para estas respostas estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação (R^2) do módulo de finura (MF) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (min) e umidade [$g (100 g)^{-1}$].

CULTIVAR	MODELO ($P \leq 0,05$)	R^2
BRS PRIMAVERA	$y = 2,4575 + 0,0535x_1^2 + 0,3917x_2$	0,9856
BRS SERTANEJA	$y = 2,7404 - 0,0529x_1^2 + 0,4347x_2 - 0,0680x_2^2$	0,9790
IRGA 417	$y = 2,4686 - 0,0374x_1 + 0,0997x_2 + 0,4065x_2^2 + 0,0500x_1x_2$	0,9809

y = resposta; x1 = tempo (min); x2 = umidade [$g (100 g)^{-1}$]; termos escritos em itálico = o efeito apesar de não ser significativo ao nível de 5%, contribuiu para melhorar o ajuste do modelo.

As farinhas torradas das três cultivares pesquisadas apresentaram MF entre muito fina a média, de acordo com classificação de Ortolan (2006). Sendo que as farinhas mais finas foram observadas no ensaio 7, justamente o tratamento com menor umidade [$12,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$]. Nessa situação de umidade e tempo de torra a cv. IRGA 417 obteve menor valor de MF quando comparada com as demais cultivares (Apêndice C2).

O MF das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera obteve modelo completo significativo ($P = 0,0001$), com coeficiente de determinação (R^2) explicando 98,95% das respostas, coeficiente de variação (C.V.) baixo (2,06%) e falta de ajuste (FA) não significativa (0,4221) (Apêndice C3), podendo ser considerado preditivo. O efeito quadrático do tempo de torra ($P = 0,0237$) e o efeito linear da umidade ($P = 0,0000$) foram significativos, sendo gerados gráficos de superfície de resposta e curvas de nível a partir deste modelo ajustado (Figura 13a).

As farinhas de arroz da cv. BRS Primavera mais úmidas [umidade acima de $23,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$] torradas em qualquer tempo obtiveram maior valor de MF. Observa-se no gráfico de superfície de resposta o efeito quadrático do tempo, pois até 15 min de torração ocorreu pequena diminuição do módulo de finura, aumentando esta resposta com a continuação da torra.

A cv. BRS Sertaneja obteve modelo completo significativo ($P = 0,0003$) para MF de suas farinhas torradas. O R^2 foi alto (0,9792), C.V. baixo (3,05%) e FA significativa ($P=0,0364$) contudo, esta deve ter sido aparente, pois o quadrado médio (Q.M.) da falta de ajuste (0,0106) foi pequeno em relação ao Q.M. do erro puro (0,0004), podendo o modelo ser considerado preditivo (WASZCZYNSKYJ; RAO; SILVA, 1981) (Apêndice C4). No modelo ajustado somente o efeito da umidade linear foi significativo ($P = 0,0000$). No entanto, os efeitos quadrático do tempo de torra e da umidade, apesar de não significativos ($P = 0,1110$ e $P = 0,0516$, respectivamente), foram mantidos pois melhoram o ajuste do modelo (Tabela 10). A partir deste foram elaborados gráficos bi e tridimensionais apresentados na Figura 13b, sendo que os pontos brancos no gráfico de superfície tridimensional ou nas curvas de nível são as médias dos dados experimentais.

Como aconteceu para cv. BRS Primavera as farinhas de arroz torradas mais úmidas da cv. BRS Sertaneja apresentaram maior MF. Portanto, as farinhas com umidade superior a $23,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$ para qualquer tempo de torra foram mais grossas.

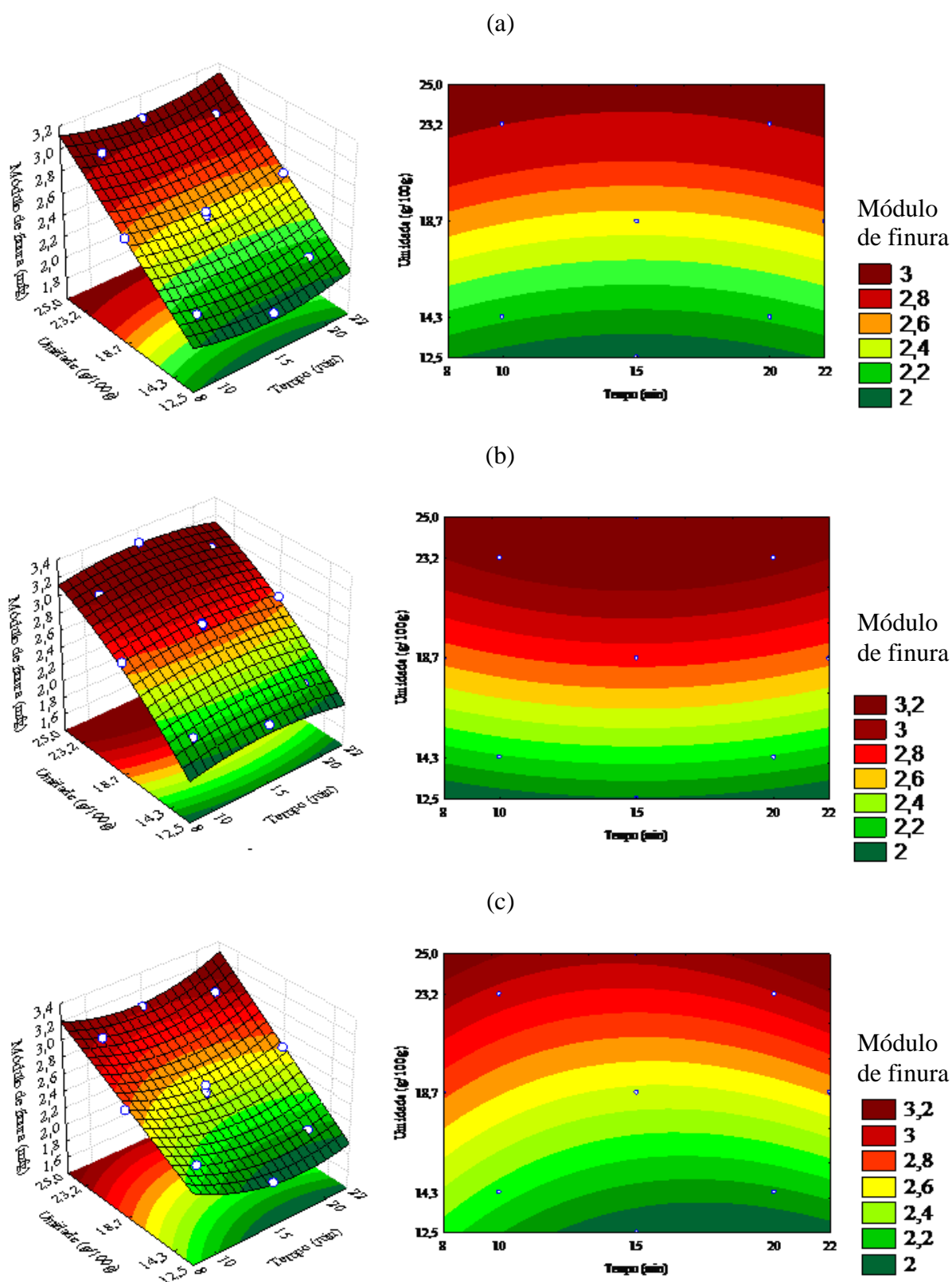


Figura 13. Módulo de finura das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas em função do tempo de torra e da umidade.

As farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417 obtiveram modelo completo significativo ($P = 0,0003$) para o módulo de finura, com R^2 explicando 98,13% das respostas, C.V. baixo de 2,88% e FA não significativa (0,6942), podendo ser considerado para fins preditivos (Apêndice C5). No modelo ajustado foram retirados os termos não significativos e que não influenciaram no MF (umidade quadrática). Os efeitos da umidade linear e quadrático do tempo de torra foram significativos ($P = 0,0000$ e $P = 0,0105$, respectivamente). Os efeitos linear do tempo e da interação umidade e tempo não foram significativos ($P = 0,1675$ e $P = 0,1882$, respectivamente), mas foram mantidos porque melhoram o ajuste do modelo. A partir deste modelo ajustado foram elaborados gráficos de superfície de resposta e curvas de nível (Figura 13c).

Observando-se os gráficos da Figura 13c nota-se que semelhante ao ocorrido nas demais cultivares estudadas as farinhas mais úmidas obtiveram maior MF. Quando submetidas à umidade superior a $23,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ e tempos de torra de até 10 min ou acima de 20 min as farinhas da cv. IRGA 417 obtiveram o valor máximo de MF.

Quando se compara farinhas torradas com suas respectivas farinhas cruas observa-se que com o tratamento houve aumento de granulometria e do MF. De acordo com dados apresentados no Apêndice C1 e na Figura 12 verifica-se que as farinhas cruas ficaram mais retidas nas peneiras da faixa 150 a 75 μm , enquanto que as farinhas torradas tiveram sua maior retenção nas peneiras de 600 e 150 μm . Isso aconteceu para todas as cultivares pesquisadas, demonstrando que as farinhas torradas não só tiveram as maiores partículas, mas também podem ser enquadradas como farinhas desuniformes, visto terem aglomerados maiores e também uma porcentagem relativa de farinha de média finura (150 μm ou 100 *mesh*).

As farinhas de arroz torradas das cultivares estudadas com umidades de 12,5 e 14,3 g (100 g)^{-1} obtiveram valor de MF inferior ao obtido pela sua respectivas farinhas cruas.

Em trabalho com farinha de arroz pré-gelatinizada foi encontrado maior perfil granulométrico dessas quando comparadas com farinhas de arroz cruas (DORS; CASTIGLIONI; AUGUSTO-RUIZ, 2006), com 53% das farinhas retidas em peneiras de 200 a 325 *mesh* (AUGUSTO-RUIZ et al., 2003). Esses primeiros autores creditaram esse fato ao tratamento de calor úmido, ao qual as farinhas pré-gelatinizadas foram submetidas, e que fizeram com que as características físico-químicas das mesmas exercessem influência na granulometria final. Verificou-se o mesmo para as farinhas torradas deste trabalho, sendo a umidade a variável que mais influenciou na granulometria das farinhas torradas.

A distribuição ou regularidade no tamanho das partículas de farinha é mais importante que o tamanho propriamente dito, sendo fatores relevantes na elaboração de produtos panificáveis de qualidade. Farinhas com granulometria maior demoram mais a absorver água exigindo maior tempo de homogeneização das misturas, podendo ocasionar desuniformidade do produto final (BORGES et al., 2003). Já segundo Pylar (1988) apud Silva et al. (2009), farinha que apresenta granulometria extremamente fina necessariamente não significa ser de qualidade, pois altos percentuais de partículas finas nas misturas podem prejudicar a estrutura interna (miolo) de produtos panificáveis, que poderão apresentar alta umidade e gomosidade.

Hemavathy e Bhat (1994) estudaram a utilização de farinhas de arroz com diferentes granulometrias na produção de macarrão. Os melhores resultados foram obtidos com farinhas de granulometria média de 138 μm e de 165 μm , apresentando massas firmes e com a superfície lisa. Os produtos obtidos com farinhas muito finas apresentaram-se pegajosos e pouco firmes, enquanto que partículas mais grossas deram origem a massas excessivamente firmes e com superfície áspera. Assim, as farinhas torradas que obtiveram maior percentual de retenção nas peneiras de malhas médias poderiam ser empregadas tanto em produtos de panificação quanto para elaboração de massas, obtendo assim, melhores resultados que as farinhas cruas de arroz que foram classificadas como mais finas.

5.2.3 Cor

Segundo Huchttings (1997), a aparência de um alimento concorre grandemente para sua aceitabilidade, razão pela qual a cor é uma das propriedades sensoriais mais importantes dos alimentos, tanto os naturais quanto os processados. Assim, foram realizadas análises instrumentais de cor nas farinhas cruas e torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417. Os parâmetros instrumentais de cor das farinhas de arroz cruas das três cultivares pesquisadas estão apresentados na Tabela 13.

Os valores de L^* apresentaram-se elevados, indicando que as amostras de farinhas cruas possuíam coloração com tendência ao branco. As médias da luminosidade das farinhas cruas foram diferentes ao nível de 5% de probabilidade de erro. Contudo, em termos numéricos esses valores foram bem próximos, apresentando variação de apenas 0,45% entre a cultivar mais clara (BRS Primavera) e a menos escura (IRGA 417), conforme observado na Tabela 13.

Tabela 13. Luminosidade (L^*) e coordenadas de cromaticidade a^* e b^* das farinhas de arroz cruas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417*.

CULTIVAR	PARÂMETROS INSTRUMENTAIS DE COR		
	L^*	a^*	b^*
BRS PRIMAVERA	92,94 ± 0,19 ^a	-0,27 ± 0,02 ^a	4,86 ± 0,05 ^b
BRS SERTANEJA	92,72 ± 0,13 ^b	-0,10 ± 0,03 ^c	4,64 ± 0,07 ^c
IRGA 417	92,52 ± 0,23 ^c	-0,22 ± 0,02 ^b	5,04 ± 0,05 ^a

*Valores correspondem à média de 10 repetições ± desvio-padrão;

Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Em trabalho com farinha de arroz crua e pré-gelatinizada em substituição à fécula de mandioca na produção de embutido tipo mortadela, Barbosa et al. (2006) encontraram valor mais elevado de L^* (95,41) para a farinha crua em comparação com os resultados obtidos neste trabalho. No trabalho desses autores não foi citada a cultivar da qual originou a farinha de arroz, mas a diferença de claridade provavelmente seja devido às diferenças entre as características químicas das farinhas (teor de pigmentos, minerais e fibras) e/ou às condições de beneficiamento dos grãos. O grau de polimento pode ter influência na cor das farinhas cruas, pois quanto menor a remoção das camadas periféricas do grão, menor pode ser a remoção de farelo (rico em minerais e fibras) e assim, provocar escurecimento da farinha de arroz (LAMBERTS et al., 2008; GARCIA, 2010).

Os valores da coordenada a^* mostraram-se próximos a zero, confirmando que as amostras não apresentaram pigmentação verde ou vermelha, e sim tenderam a neutralidade em todas as farinhas cruas. Em relação à coordenada b^* , verificou-se a existência de pigmentação amarela, sendo esta maior na farinha crua da cv. IRGA 417 e menor na BRS Sertaneja, com uma diferença de 7,94%. Em relação às coordenadas de cromaticidade a^* e b^* , as médias das cultivares foram diferentes ($P \leq 0,05$), sendo que para a coordenada a^* a cv. BRS Sertaneja obteve o maior valor e a cv. IRGA 417 o menor.

Fonseca (2009) encontrou resultados maiores para as farinhas cruas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja para as coordenadas de cromaticidade a^* e b^* , sendo - 0,37 e 6,02, respectivamente, para a farinha da cv. BRS Primavera e - 0,17 e 6,10, respectivamente para cv. BRS Sertaneja.

Em farinha de trigo e seus produtos finais existem diversos fatores que interferem na cor, tais como: os pigmentos, teor de proteínas, teor de minerais (cinzas), granulometria da farinha, que está relacionado á distribuição de partículas da mesma, e também a existência de algumas

enzimas que promovem as reações bioquímicas durante o manejo do grão, processamento e armazenamento das farinhas (PRABHASANKAR et al., 2000; WANG, FLORES, 2000). Esses diversos fatores poderiam também influenciar na cor das farinhas de arroz, e assim, a cor de farinhas produzidas com a mesma cultivar de arroz, mas de safra, beneficiamento e manejos diferentes podem apresentar parâmetros de cor com valores diferentes.

A formação da cor durante o processamento pode fornecer importante informação sobre o grau do tratamento térmico (LINKO; COLONNA; MERCIER, 1981). As alterações na cor durante o processamento térmico de alimentos é resultado principalmente de reações não enzimáticas e da destruição dos pigmentos presentes, especialmente carotenóides e clorofilas (MASKAN, 2001).

Os resultados médios e desvios-padrão dos parâmetros instrumentais de cor das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 estão apresentados no Apêndice D1. No Apêndice D2 são apresentadas as fotografias das farinhas de arroz torradas de cada cultivar. Os modelos de regressão ajustados e os coeficientes de determinação (R^2) para estas respostas estão apresentados na Tabela 14. Já as análises de variância resumidas, de L^* , a^* e b^* das farinhas de arroz torradas para cada cultivar, estão nos Apêndices D3 a D11.

Tabela 14. Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação (R^2) dos parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra e umidade.

CULTIVAR	PARÂMETROS DE COR	MODELO ($P \leq 0,05$)	R^2
BRS PRIMAVERA	L*	$y = 83,079 - 10,749x_1 - 2,895x_1^2 + 2,269x_2$	0,9441
	a*	$y = 3,273 + 3,854x_1 + 0,679x_1^2 - 0,959x_2$	0,9054
	b*	$y = 17,533 + 7,132x_1 - 1,818x_2$	0,8867
BRS SERTANEJA	L*	$y = 86,202 - 9,132x_1 - 4,379x_1^2 + 1,311x_2 - 1,270x_1x_2$	0,9869
	a*	$y = 1,743 + 3,326x_1 + 1,398x_1^2 - 0,589x_2 - 0,400x_1x_2$	0,9915
	b*	$y = 15,687 + 6,769x_1 - 0,559x_2$	0,9846
IRGA 417	L*	$y = 79,411 - 13,885x_1 - 2,891x_1^2 - 2,491x_2 - 5,092x_1x_2$	0,9386
	a*	$y = 3,975 + 3,870x_1 + 0,541x_2^2 + 0,515x_1x_2$	0,9537
	b*	$y = 20,489 + 6,092x_1 - 3,287x_1^2$	0,8782

y = resposta; x_1 = tempo (min); x_2 = umidade [$g (100 g)^{-1}$]; termos escritos em itálico = o efeito apesar de não ser significativo ao nível de 5%, contribuiu para melhorar o ajuste do modelo.

5.2.3.1 Luminosidade (L^*) das farinhas torradas

A L^* das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera obteve modelo completo significativo ($P = 0,0036$), com coeficiente de determinação explicando 94,53% das respostas, coeficiente de variação (C.V.) baixo (4,23%) e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,2640$) (Apêndice D3), podendo ser considerado preditivo. O efeito linear ($P = 0,0000$) e quadrático ($P = 0,0443$) do tempo de torra foram significativos e, apesar da umidade linear não ser significativa ($P = 0,06483$) esta foi mantida no modelo. A partir do modelo ajustado (Tabela 14) foram traçados gráficos de superfície de resposta e de curvas de nível que apresentam a variação L^* em função do tempo de torra em micro-ondas e da umidade das farinhas (Figura 14a).

Nas farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera o maior valor de L^* (95) foi observado na condição de tempo de torra entre 8 e 12,3 min com umidade acima de 18,7 g (100 g)⁻¹. Houve variação de quase 30% de L^* entre as amostras, sendo que as farinhas mais claras tinham maior teor de umidade principalmente em tempos de torra menor que 15 min (Figura 14a).

As farinhas de arroz da cv. BRS Sertaneja, em relação à L^* , obtiveram um modelo completo significativo ($P = 0,0001$), que explica 98,70% das respostas, com C.V. baixo (1,75%) e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,3046$). Portanto, o modelo pode ser usado para fins preditivos (Apêndice D4). Na Figura 14b, construída através do modelo ajustado, observa-se influência linear da umidade ($P = 0,0318$) e do efeito linear e quadrático do tempo de torra ($P = 0,0000$ e $P = 0,0002$, respectivamente).

Os maiores valores de L^* para as farinhas da cv. BRS Sertaneja encontram-se nos menores tempos de torra, resultado semelhante aos encontrados para as farinhas da cv. BRS Primavera. As farinhas mais escuras são as que foram submetidas ao maior tempo de torra (aproximadamente 21-22 min) e baixo teor de umidade [12,5 g (100 g)⁻¹]. A umidade só variou o L^* em farinhas de torradas com tempo superior a 11 min.

O modelo matemático completo foi preditivo para L^* das farinhas torradas da cv. IRGA 417, pois foi significativo ($P = 0,0024$), com R^2 de 0,9536, C.V. de 5,37% e FA não significativa ($FA = 0,1380$) (Apêndice D5). A Figura 14c demonstra o quanto foi significativo o efeito linear do tempo ($P = 0,0001$). Os efeitos quadrático do tempo, linear da umidade e da interação (umidade e tempo) foram mantidos no modelo apesar de não significativos, pois melhoram o ajuste ($P = 0,1517$, $P = 0,1575$ e $P = 0,0580$, respectivamente).

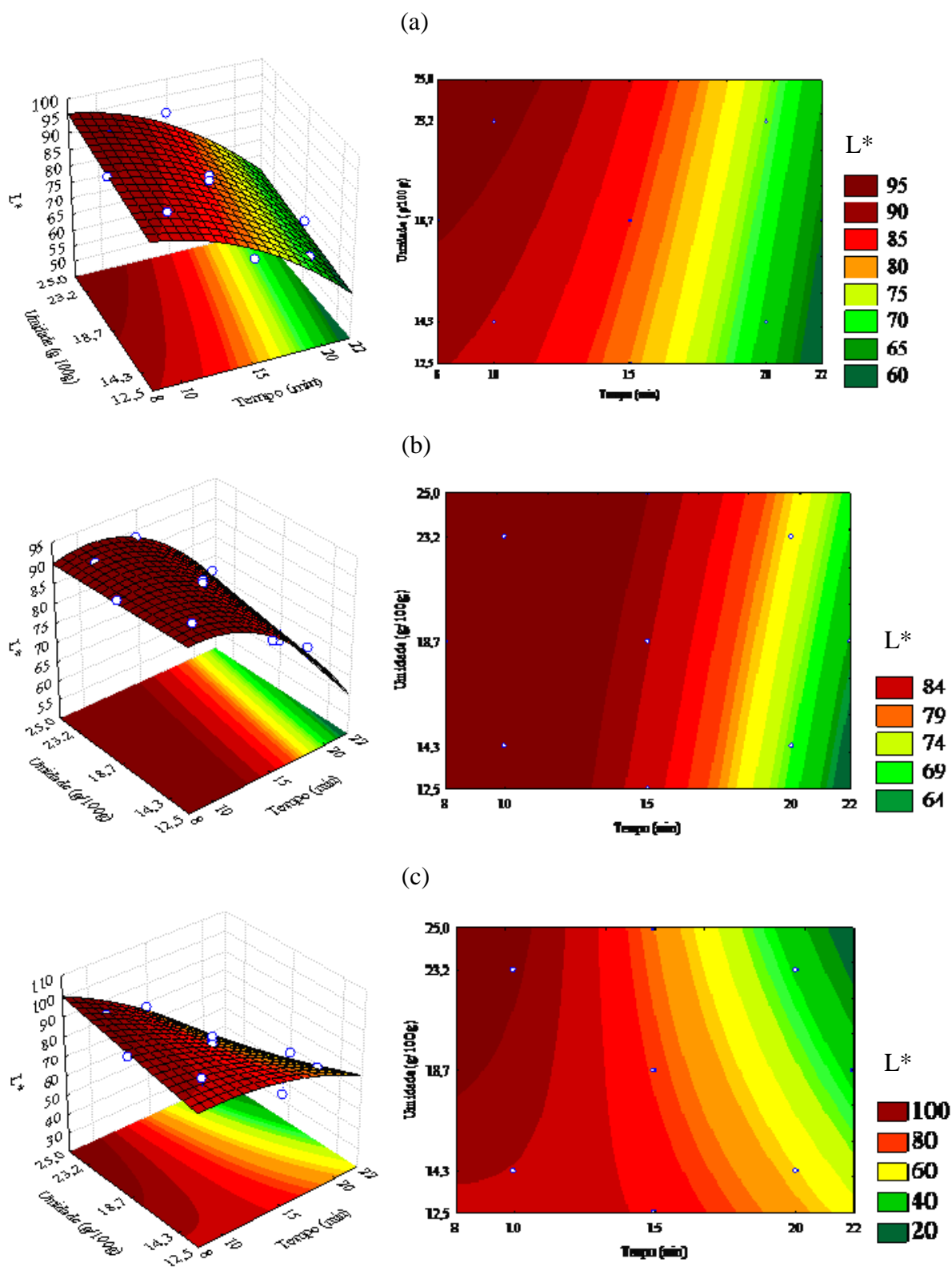


Figura 14. Luminosidade (L^*) das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) processadas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.

Como nas outras cultivares ocorreu um escurecimento das amostras à medida que aumenta o tempo de torra das farinhas da cv. IRGA 417. Contudo, as farinhas com maior tempo de torra e mais úmidas [acima de 23 g (100 g)⁻¹] foram as que mais escureceram, diferindo assim, das farinhas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja que escureceram mais em menores valores de umidade. Semelhante às farinhas da cv. BRS Primavera os maiores valores de L* das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417 foram encontrados nas amostras com menores tempos de torra (abaixo de 10 min) e maior umidade [17,6 - 25 g (100 g)⁻¹], conforme Figura 14c.

Devido aos poucos trabalhos encontrados na literatura sobre cor de farinha de arroz, principalmente submetidas a tratamentos térmicos como a torração, o efeito de outros tratamentos em grãos e farinhas de arroz, e até mesmo outros produtos, foram pesquisados. Segundo Badrie e Mellowes (1991), que trabalharam com farinha de mandioca extrusada, a elevação da temperatura aumenta a intensidade da cor e altos níveis de umidade resultam em produtos mais claros, proporcionando menor escurecimento não enzimático dos produtos extrusados. Dias e Leonel (2006), indicaram que a umidade tem efeito significativo sobre este parâmetro, sendo que os menores valores de luminosidade são observados nas condições de baixa umidade nas farinhas de mandioca. O processo de extrusão desenvolveu escurecimento nas farinhas de batata-doce e com o aumento do teor de umidade das farinhas há um aumento da luminosidade (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005).

Em trabalho com arroz parboilizado das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja Garcia (2009) não encontrou influência significativa da umidade, durante a etapa de encharcamento, sobre a L* dessas amostras. Na pesquisa dessa autora os tratamentos com arroz parboilizado da cv. BRS Primavera foram mais claros do que as amostras parboilizadas da cv. BRS Sertaneja, fato semelhante ao ocorrido neste trabalho, cujos valores de L* variaram de 64,44 a 91,77 para cv. BRS Primavera e de 62,97 a 91,11 para a cv. BRS Sertaneja (Apêndice D1).

Ocorreu o escurecimento das amostras independente da condição de torração, com a cv. BRS Primavera variando de 92,94 (farinha crua) a 64,44 (farinha com 22 min de torra); a cv. BRS Sertaneja de 92,72 (farinha crua) a 62,97 (farinha com 22 min de torra) e a cv. IRGA 417 variando de 92,52 (farinha crua) a 49,90 (farinha com 20 min de torra) (Apêndice D1 e D2).

Farelos de diferentes cereais, incluindo o arroz, foram adicionados em diferentes proporções em substituição à farinha de trigo na elaboração de biscoitos acarretando escurecimento destes proporcional à quantidade de farelo adicionada. Todos os biscoitos com

10% de substituição tiveram boa aceitação quanto à cor de superfície e do miolo (SUDHA; VETRIMANI; LEELAVATHI, 2007). *Cookies* elaborados com diferentes teores de farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca obtiveram variação de L^* de 49,14 a 58,51, escurecendo a medida que aumenta a concentração de farelo. Entretanto biscoitos, com até 50% de substituição foram bem aceitos na análise sensorial (LACERDA et al., 2009). Além do uso em panificação as farinhas de arroz torradas com menor luminosidade podem ser utilizadas como corantes naturais em substituição, por exemplo, em ingredientes que contenham chocolate e café. As farinhas mais claras também podem ser empregadas em produtos em que se deseja corpo e não escurecer o produto.

5.2.3.2 Coordenada de cromaticidade a^* das farinhas torradas

Para a coordenada a^* das farinhas torradas da cv. BRS Primavera o modelo completo foi significativo ($P = 0,0127$), com R^2 de 0,9077, C.V. alto (43%) e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,2656$), conforme Apêndice D6. No modelo ajustado o efeito linear do tempo foi significativo ($P = 0,0001$), enquanto os efeitos quadrático do tempo e linear da umidade não foram ($P = 0,2641$ e $P = 0,0914$, respectivamente), mas foram mantidos no modelo para melhorar seu ajuste (Tabela 14). Assim, este modelo pode ser utilizado para verificar a tendência das respostas, e a partir dele foram elaborados gráficos bi e tridimensionais levando-se em consideração as variáveis independentes (Figura 15a).

Os valores para a coordenada de cromaticidade a^* das farinhas da cv. BRS Primavera aumentam à medida que aumenta o tempo de torra. Assim, ocorreu avermelhamento das farinhas com o passar da torração e essa resposta foi mais pronunciada nas amostras com umidade abaixo de $18,7 \text{ g (100 g)}^{-1}$.

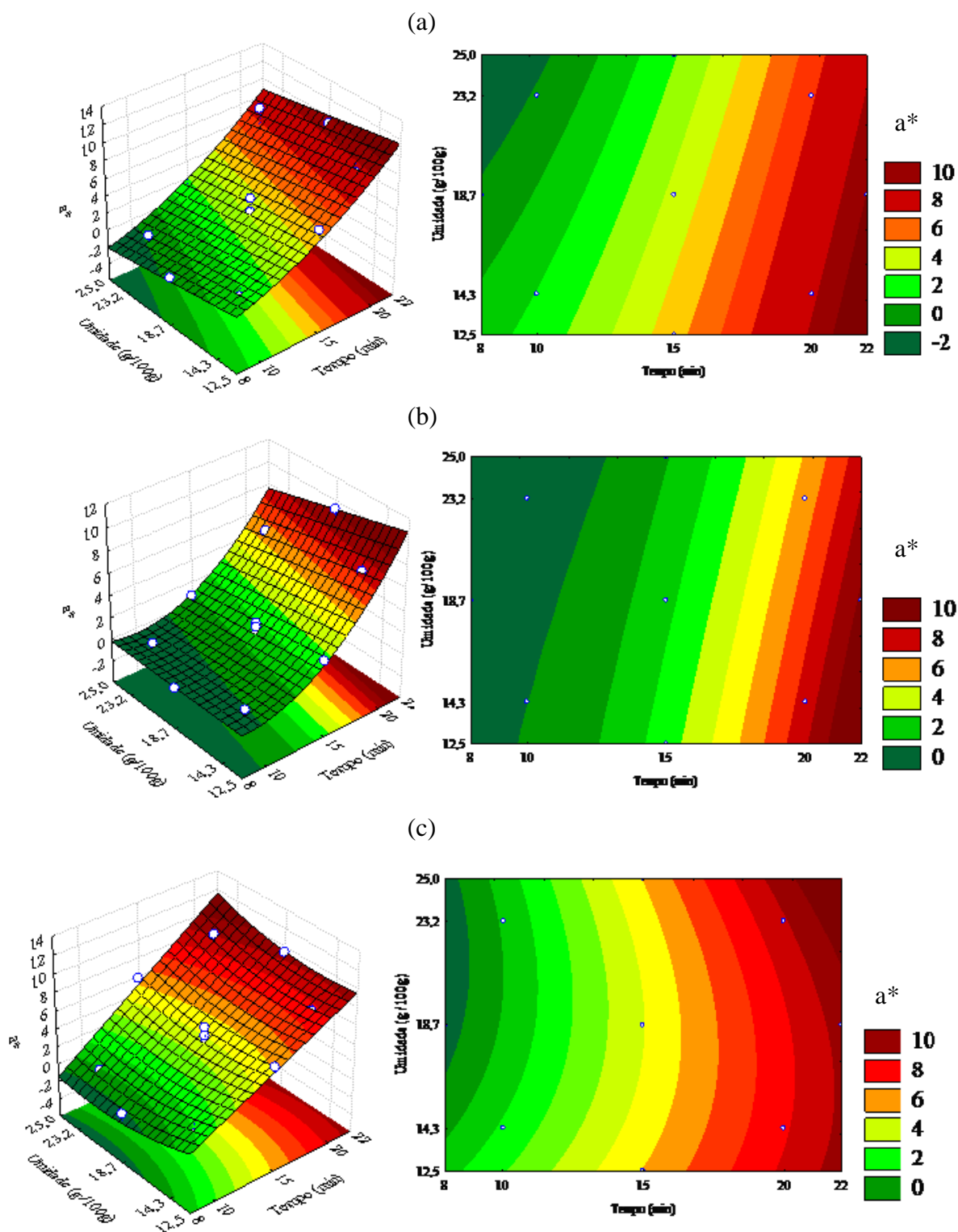


Figura 15. Coordenada de cromaticidade a^* das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.

O modelo completo para a coordenada de cromaticidade a^* das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja foi significativo ($P = 0,0000$), com R^2 elevado de 0,9915, C.V. médio (15,25%) e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,7552$), conforme observado no Apêndice D7. O efeito linear ($P = 0,0000$) e quadrático ($P = 0,0001$) do tempo de torra, além do efeito linear da umidade ($P = 0,0054$) foram significativos. No modelo ajustado foi mantida a interação do tempo com a umidade, apesar de não significativa ($P = 0,0830$), pois melhora o ajuste deste (Tabela 14). Assim, o modelo ajustado preditivo pode ser utilizado para visualizar o efeito das variáveis independentes sobre a^* , e a partir deste foram elaborados gráficos de superfície de resposta e curvas de nível que estão apresentados na Figura 15b.

Nas farinhas da cv. BRS Sertaneja também a^* sobe à medida que aumenta o tempo de torra ($P = 0,0000$) (Apêndice D7). As farinhas neutras para esse parâmetro de cor foram obtidas nos menores tempos de torra. Para tempos de torra menores que 10 min não houve alteração da cromaticidade a^* qualquer que seja o valor de umidade. A partir dos 10 min de torra a medida que aumenta a umidade, maior o tempo de torra necessário para se obter farinhas com maior a^* . Similar ao ocorrido com as farinhas de arroz da cv. BRS Primavera os maiores valores de cromaticidade a^* (10) foram obtidos com tempos de torra elevado (21 min) e baixa umidade [inferior a $18,7 \text{ g (100 g)}^{-1}$].

As farinhas de arroz da cv. IRGA 417, em relação à cromaticidade a^* , obtiveram um modelo completo significativo ($P = 0,0020$), explicando 95,68% das respostas, com alto C.V. (24,12%) e FA não significativa (0,4126) (Apêndice D8). O efeito linear do tempo foi significativo ($P = 0,0000$), enquanto os efeitos quadrático da umidade e da interação tempo com umidade, apesar de não significativas ($P = 0,01894$ e $P = 0,3004$, respectivamente), foram mantidos no modelo pois melhoraram o ajuste (Tabela 14). O modelo ajustado pode assim ser utilizado para verificar a tendência das respostas e os gráficos, elaborados a partir deste, são apresentados na Figura 15c.

Essa figura evidencia o efeito linear do tempo, com o aumento de a^* com o aumento do tempo de torração. Farinhas mais avermelhadas ($a^*=10$) foram às submetidas aos maiores tempo de torra (acima de 20,4 min) (Figura 15c). Já as farinhas com tempo de torra entre 8 e 9 min com umidade acima de $16,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ foram menos avermelhadas ou mais neutras, ou seja, menos avermelhadas com valores próximas de zero. As farinhas de arroz torradas, em relação à

coordenada de cromaticidade a^* , responderam de forma semelhante, sendo que a cv. IRGA 417 foi a menos influenciada pela umidade e a Sertaneja a mais.

Em seu trabalho, Garcia (2010) obteve valores de cromaticidade a^* para farelos de arroz das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 entre 2,72 a 10,27 para a cv. BRS Primavera, valores de 2,92 a 9,54 para a BRS Sertaneja e entre 3,94 a 10,79 para a IRGA 417. Ocorreu um avermelhamento dos farelos das três cultivares com o aumento do tempo de torra, resultado também encontrado com as farinhas de arroz torradas deste trabalho.

Tendo em vista que os valores encontrados para a cromaticidade a^* das farinhas cruas foram todos negativos e próximos de zero (neutralidade), sendo - 0,27, - 0,10 e - 0,22, respectivamente para as farinhas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e cv. IRGA 417 e comparando esses com as farinhas torradas conclui-se que houve avermelhamento de todas as farinhas torradas independente do tratamento a que foram submetidas, possivelmente devido à reação de *Maillard* que ocorre durante o processo de torra. Assim as farinhas de arroz mais torradas poderiam ser utilizadas como ingredientes onde fosse desejável avermelhar e escurecer o produto final, tais como bebidas lácteas, achocolatados, pudins, produtos à base de café, etc.

5.2.3.3 Coordenada de cromaticidade b^* das farinhas torradas

As farinhas torradas da cv. BRS Primavera obtiveram modelo completo significativo para coordenada de cromaticidade b^* ($P = 0,0064$), com um R^2 de 93,05%, sendo reduzido para 88,67% no modelo ajustado. O C.V foi médio (14,84%) e a falta de ajuste não foi significativa ($FA = 0,2604$) (Apêndice D9). O tempo de torra linear foi significativo com $P = 0,0001$ e o efeito linear da umidade não foi significativo ($P = 0,0864$), mas como melhora o ajuste foi mantido no modelo. A partir do modelo ajustado para coordenada de cromaticidade (Tabela 14) foram elaborados gráficos tri e bidimensionais, que apresentam a variação da b^* em função do tempo de torra e da umidade (Figura 16a).

As farinhas menos amareladas da cv. BRS Primavera, ou seja, com menores valores de b^* (5), foram às submetidas a tempos de torra até 9,5 min e umidade acima de 20 g (100 g)⁻¹, sendo que os maiores valores desta repostas foram observados no extremo oposto do gráfico, ou seja, farinhas com elevado tempo de torra (acima de 20 min) e baixa umidade [inferior a 18,7 g (100 g)⁻¹]. A elevação da umidade diminuiu o efeito do tempo de torração sobre o amarelecimento (Figura 16a).

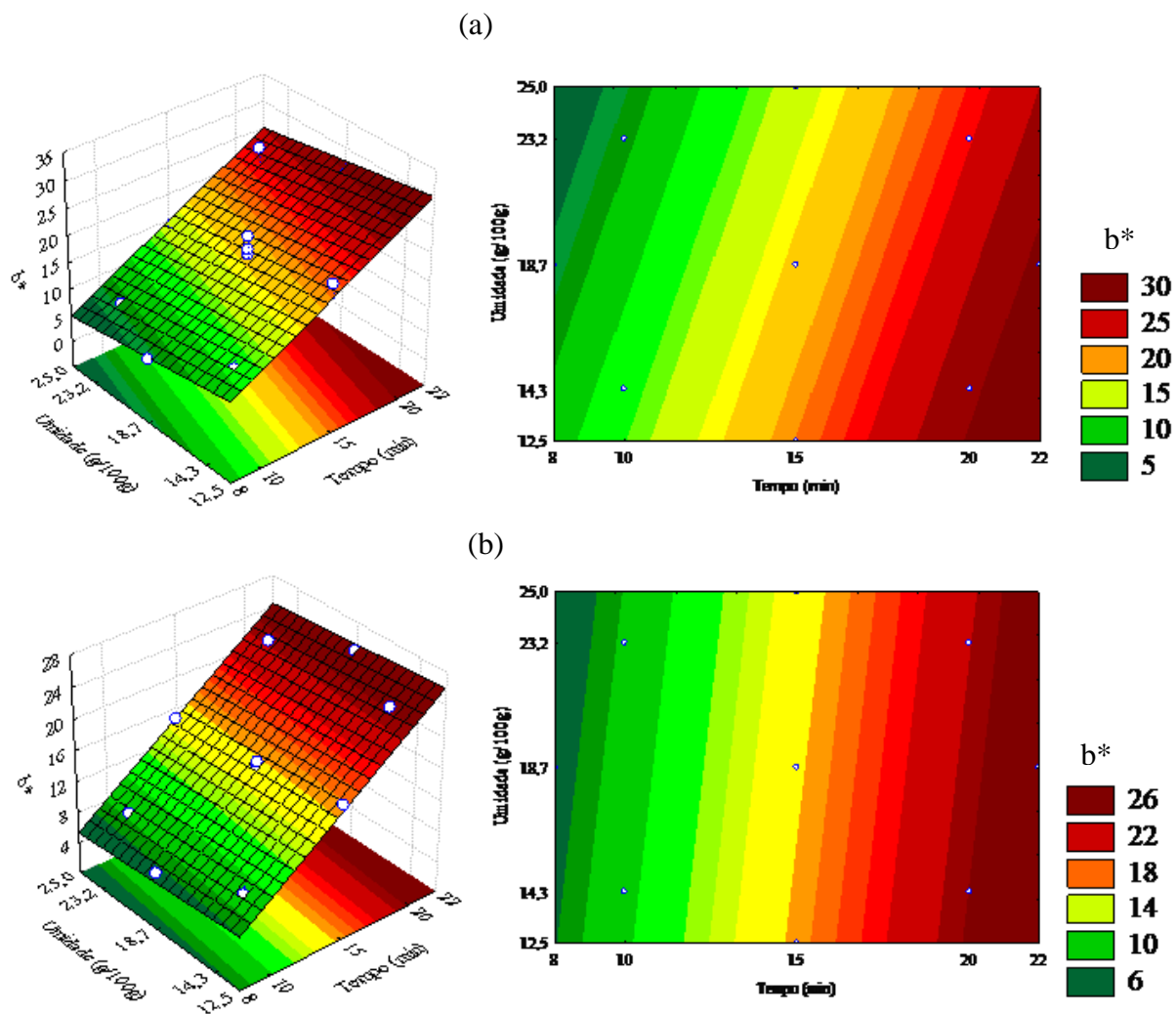


Figura 16. Coordenada de cromaticidade b^* das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) torradas em micro-ondas, em função do tempo de torra e da umidade.

O modelo completo para a coordenada de cromaticidade b^* das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja, foi significativo ($P = 0,0001$), com R^2 elevado (0,9852), C.V. baixo (6,69 %) e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,0884$), o que indica que o modelo pode ser utilizado para fins preditivo (Apêndice D10). O efeito linear do tempo de torra foi significativo ($P = 0,0000$), enquanto o efeito linear da umidade não foi ($P = 0,0995$), mas este foi mantido no modelo, pois melhora o ajuste (Tabela 14). A partir do modelo ajustado foi traçada a Figura 16b, com os termos significativos para b^* .

Os efeitos do tempo de torra e da umidade nas farinhas da cv. BRS Sertaneja foram semelhantes aos observados nas farinhas da cv. BRS Primavera (Figuras 16a e 16b), ou seja, as farinhas vão amarelando com o passar do tempo da torração. As farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja que tiveram menor valor de b^* (6) foram as menos torradas (até 9,2 min), enquanto os maiores valores foram obtidos nos maiores tempos de torra. As farinhas de arroz foram se tornando mais amareladas principalmente a partir dos 20 min de torra (Apêndice D1 e D2)

O modelo matemático completo para coordenada de cromaticidade b^* das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417 também foi significativo ($P = 0,0193$), com coeficiente de determinação explicando 88,99% das respostas, C.V. médio (18,04%) e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,1007$) (Apêndice D11). O modelo serve somente para observar a tendência dos dados. Os efeitos da variável umidade não foram significativos, sendo que somente os efeitos do tempo de torra foram significativos ($P = 0,0002$ e $P = 0,0048$, respectivamente para efeito linear e quadrático). A partir do modelo ajustado para b^* (Tabela 14) foi elaborado gráfico de regressão simples que apresenta a variação da resposta em função do tempo de torra (min) (Figura 17).

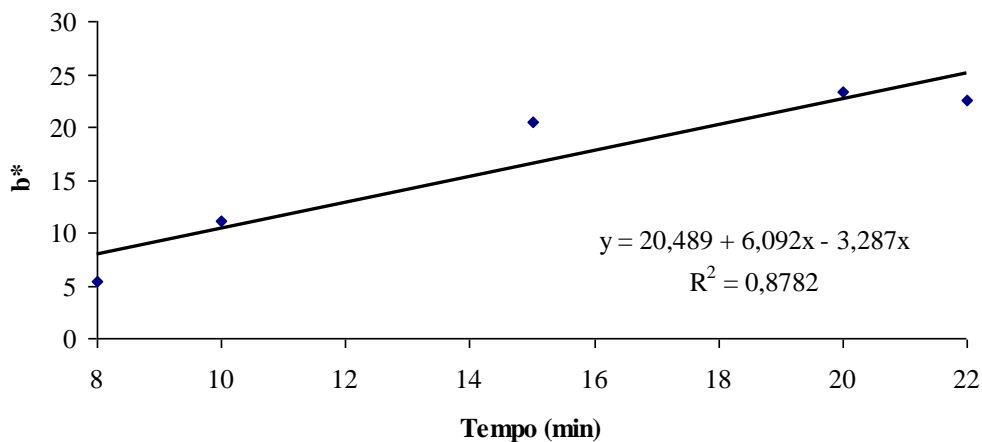


Figura 17. Efeito do tempo de torra sobre a coordenada de cromaticidade b^* das farinhas de arroz da cv. IRGA 417, torradas em micro-ondas.

O menor valor da coordenada de cromaticidade b^* ocorreu no tempo de torra de 8 min, com um valor de 6,72 para essa resposta. À medida que aumenta o tempo de torra aumenta os valores de b^* , amarelando a farinha da cv. IRGA 417 (Figura 17). As farinhas menos torradas obtiveram valor de b^* superiores aos valores obtidos nas farinhas cruas (4,86; 4,64 e 5,04,

respectivamente para as cv. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417), indicando que a torração em micro-ondas confere às farinhas de arroz pigmentos amarelados.

Zanão et al. (2009) ao estudarem o efeito da irradiação gama nas propriedades físico-químicas da farinha de arroz, produzidas à partir de grãos cultivados no Sul do Brasil, relataram valores de 9,96 à 13,9 para cromaticidade b^* , valores dentro da faixa obtida neste trabalho. Observaram que quanto maior o tempo e a dose de irradiação maiores são os valores obtidos de b^* . A coordenada de cromaticidade b^* das farinhas de arroz torradas das três cultivares aqui pesquisadas variou de 6,72 a 25,76, indicando também amarelecimento das farinhas com processamento.

A produção de farinhas mais escuras e com tons mais intensos de amarelo e vermelho, obtidas pela torração em micro-ondas, pode ser explicada devido a reação de escurecimento não enzimático (Reação de *Maillard*), ou seja, pela reação de aminoácidos livres com açúcares redutores (LAMBERTS et al., 2008). Na fase inicial dessa reação não se observa o aparecimento de cor, apenas quando se aumenta o poder redutor com o aumento do tempo de torra. Na fase inicial da reação ocorre a condensação de um grupo amina livre com um grupo carbonila que formam as glicosilaminas, não aparecendo a cor, apenas implicando no decréscimo do valor nutritivo, devido a perda de aminoácidos essenciais, como a lisina. Posteriormente, ocorre a degradação das cetosaminas, formando a α -dicarbonila, que é um potente precursor de pigmentos ou redutonas, em que começa aparecer a cor amarelada e aumenta a absorção da luz na região UV, devido à desidratação do açúcar e à formação de compostos α -dicarbonilas. E a última sequência de reações é a degradação de Strecker, que ocorre quando os grupos α -dicarbonila reagem com os α -aminoácidos sob altas temperaturas, produzindo a degradação do alimento e formando pigmentos de cor pardo-avermelhado intenso, denominados de melanoidinas (ORDÓÑEZ, 2005).

Durante a torração das farinhas, provavelmente também aconteceu a caramelização dessas, sendo este processo um conjunto de reações complexas que se inicia pelo aquecimento de carboidratos, em particular, a sacarose e açúcares redutores, na ausência de compostos nitrogenados. Essas reações são favorecidas pela presença de ácidos e de certos sais. Em termos gerais, a termólise provoca reações de desidratação de açúcares, com a introdução de ligações duplas e a formação de anéis insaturados. Essas ligações duplas absorvem luz e provocam o aparecimento de cor, enquanto os anéis se condensam uns com os outros para produzir polímeros

com cor e aroma. Os pigmentos responsáveis pelas cores do caramelo são polímeros de estrutura variável, complexa e, em alguns casos desconhecida, que contêm grupos hidroxilas de acidez variável, carbonilas, carboxilas e fenólicos. Sabe-se que a velocidade de formação destes compostos intensifica-se conforme aumenta o pH e a temperatura (ABDUL-HAMID et al., 2007; AZEREDO; BRITO; GARRUTI, 2004).

5.2.4 Análise viscoamilográfica

No *Rapid Visco Analyser* (RVA) durante a fase inicial de aquecimento de uma suspensão aquosa de amido, um aumento na viscosidade é registrado quando os grânulos de amido começam a inchar. Neste ponto, polímeros com baixo peso molecular, particularmente moléculas de amilose, começam a ser lixiviadas dos grânulos. Um pico de viscosidade é obtido durante o empastamento, quando existe a maioria dos grânulos totalmente inchados, grânulos intactos e o alinhamento molecular de qualquer polímero solubilizado ainda não ocorreu dentro do campo de atrito do instrumento (TSAI, LI, LII, 1997). Durante a fase de temperatura constante (95 °C) os grânulos começam a se quebrar e a solubilização dos polímeros continua. Neste ponto ocorre uma quebra na viscosidade. Durante a fase de resfriamento, polímeros de amilose e amilopectina solubilizados começam a se re-associar e outro aumento na viscosidade é registrado. Este segundo aumento da viscosidade é conhecido como tendência a retrogradação ou *setback* (MATSUGUMA et al., 2009).

O perfil de viscosidade é extremamente útil na determinação do comportamento do amido sob várias condições tecnológicas (SANTOS, 2009), sendo possível recomendar amidos de arroz específicos para cada aplicação. Realizou-se neste trabalho análises viscoamilográficas nas farinhas cruas e torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417. A viscosidade máxima (Pico), a quebra da viscosidade (*breakdown*), a viscosidade final e a tendência à retrogradação (*setback*) das farinhas cruas das três cultivares estão apresentados na Tabela 15. O gráfico com as curvas viscoamilográficas das farinhas de arroz cruas está apresentado na Figura 18.

Tabela 15. Análise viscoamilográfica das farinhas de arroz cruas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

CULTIVAR	ANÁLISE VISCOAMILOGRÁFICA (cP)			
	Viscosidade máxima	Quebra da viscosidade	Viscosidade final	Tendência à retrogradação
BRS PRIMAVERA	2315 ± 28,3 ^b	758 ± 20,5 ^b	3833 ± 9,2 ^b	1518 ± 2,8 ^b
BRS SERTANEJA	2941 ± 0,0 ^a	1247 ± 0,0 ^a	3865 ± 0,0 ^b	924 ± 0,0 ^c
IRGA 417	2990 ± 3,0 ^a	205 ± 20,8 ^c	5662 ± 0,0 ^a	2782 ± 0,0 ^a

Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Houve diferença ($P \leq 0,05$) entre a amostra da cv. BRS Primavera (2315 cP) com as demais amostras analisadas em relação a viscosidade máxima no aquecimento. O Pico de viscosidade das farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Sertaneja e IRGA 417 não diferiram ($P > 0,05$), sendo a diferença destes resultados com os obtidos para farinha de arroz crua da cv. BRS Primavera de 21,28% e 22,57%, respectivamente. Observou-se que as cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja apresentam formato de Pico mais agudo (Figura 18). Esse formato pode indicar a presença de grânulos de amido com propriedades de inchamento e ruptura mais uniformes durante o tratamento hidrotérmico no RVA (MATUDA et al., 2004).

Garcia (2009) observou que o pico de viscosidade de amostras de arroz colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento e épocas de colheita das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja foram estatisticamente iguais, com valores de 1289 cP e 1237 cP, respectivamente. Neste trabalho foram obtidos valores de Pico de viscosidade maiores (2315 e 2941 cP, para cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja, respectivamente), além das médias dessas cultivares terem diferença entre si.

Os grânulos de amido, quando aquecidos em presença de água acima de uma determinada temperatura, formam uma suspensão viscosa. A temperatura na qual ocorre tal modificação é denominada de temperatura de gelatinização do amido. A gelatinização é definida como o colapso da ordenação granular, durante a qual ocorrem 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 (FUKUOKA; OHTA; WATANABE, 2002; THIRÉ; SIMÃO; ANDRADE, 2003).

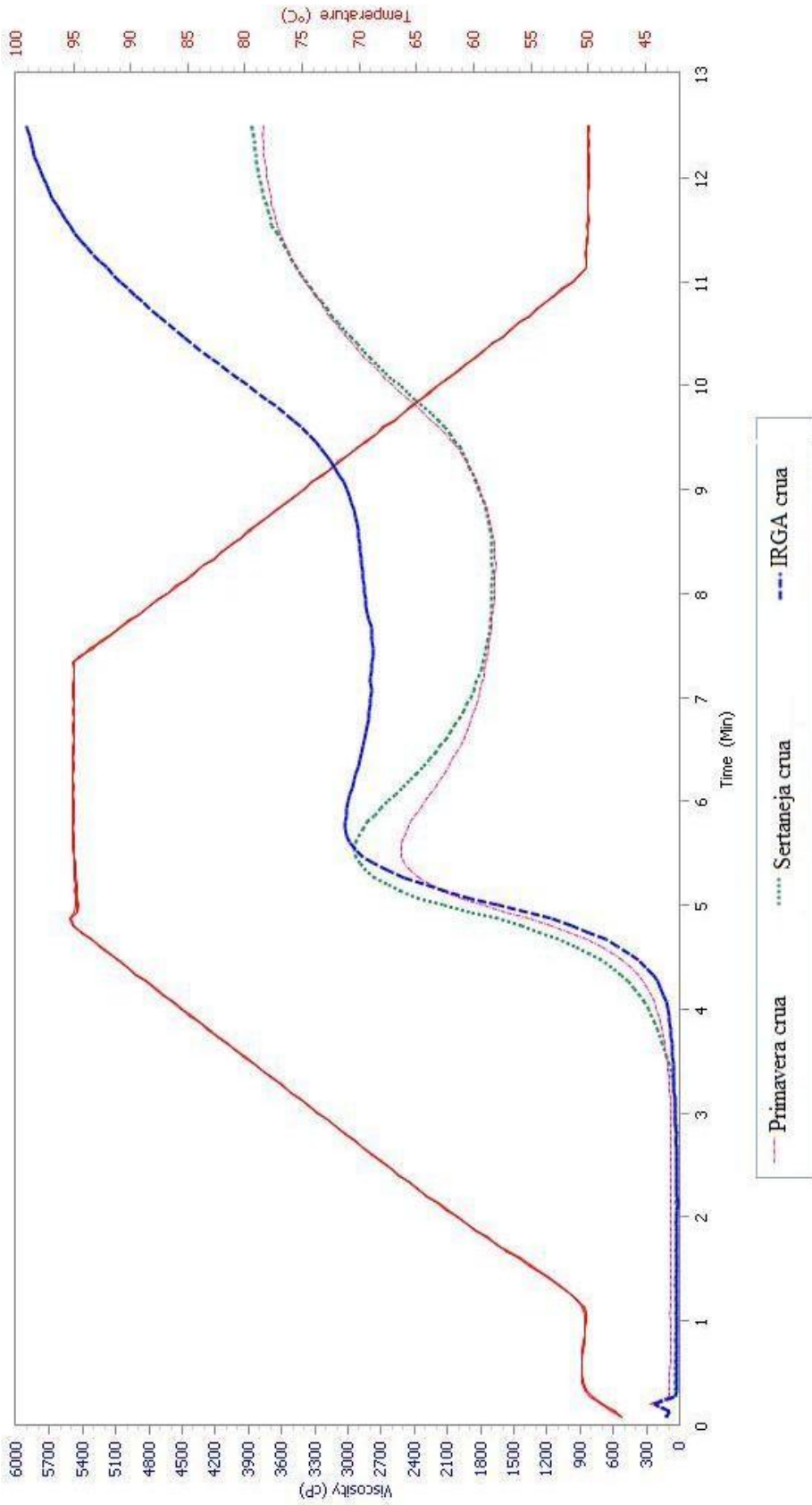


Figura 18. Curvas viscoamilográficas das farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

Devido à diferença de energia requerida por grânulos de amido de diferentes tamanhos, tem-se uma “faixa de temperatura de gelatinização”, ao invés de simplesmente uma “temperatura de gelatinização”, como referido rotineiramente e esta propriedade é característica de cada vegetal (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2005).

Quebra de viscosidade (*breakdown*) representa a diferença entre a viscosidade máxima e o menor valor de viscosidade após o pico no perfil amilográfico (NASCIMENTO et al., 2007). Todos os *breakdowns* das amostras de farinhas cruas pesquisadas diferiram entre si ($P \leq 0,05$) (Tabela 15). A farinha de arroz crua da cv. IRGA 417 apresentou menor quebra de viscosidade (205 cP), mostrando-se mais estável ao aquecimento quando comparada com as farinhas cruas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja. O valor de quebra da viscosidade da farinha de arroz crua da cv. BRS Sertaneja foi 39,21% e 83,56% maior, respectivamente, que os valores obtidos nas farinhas das cvs. BRS Primavera e IRGA 417.

A viscosidade final, após resfriamento a 50 °C, das farinhas cruas das cvs. BRS Primavera (3833 cP) e BRS Sertaneja (3865 cP) não diferiram entre si ($P > 0,05$), mas foram menores que a cv. IRGA 417 (5662 cP), podendo essa diferença ser observada na Figura 18. Como a farinha crua da cv. IRGA 417 obteve valor mais elevado de viscosidade final, em relação às outras farinhas pesquisadas. Possivelmente houve melhor reestruturação da moléculas de amilose, amilopectina e proteínas formando gel a frio mais firme que as demais farinhas cruas.

O *setback* é calculado pela subtração do valor de viscosidade final da viscosidade da pasta mantida a 50 °C por 5 min e reflete a tendência à retrogradação da pasta. Quanto menor o *setback* menor a retrogradação e, conseqüentemente, menor a sinérese no produto depois de resfriado (LIMBERGER et al., 2008). As médias para o *setback* das farinhas de arroz cruas foram diferentes ($P \leq 0,05$), sendo que as cvs. BRS Sertaneja e IRGA 417 obtiveram menor e maior média, respectivamente, com diferença de quase 67% entre os resultados (Tabela 15). Entre as farinhas de arroz cruas estudadas a cv. BRS Sertaneja poderia ser recomendada como ingrediente para produção de alimentos prontos para consumo, refrigerados ou congelados visando a diminuição da sinérese durante o armazenamento ou após o descongelamento.

Os resultados da análise viscoamilográfica para as farinhas torradas das cultivares estudadas estão apresentados no Apêndice E1. Os modelos de regressão ajustados e os R^2 estão apresentados na Tabela 16. As análises estatísticas resumidas de cada componente da resposta estão nos Apêndices E2 a E13.

Tabela 16: Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação (R^2) da viscosidade máxima (VM), quebra de viscosidade (QV), viscosidade final (VF) e tendência à retrogradação (TR) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (min) e umidade [g (100 g)^{-1}].

CULTIVAR	RESPOSTA (cP)	MODELO ($P \leq 0,05$)	R^2
BRS PRIMAVERA	VM	$y = 58,277 - 283,542x_1 + 227,025x_1^2 + 80,049x_2 + 31,864x_2^2 - 91,000x_1x_2$	0,9764
	QV	$y = 2,943 + 16,252 x_1^2$	0,6658
	VF	$y = 106,972 - 496,663x_1 + 372,272x_1^2 + 132,819x_2 - 165,500x_1x_2$	0,9704
	TR	$y = 18,858 - 213,120x_1 + 154,530x_1^2 + 52,769x_2 - 74,500x_1x_2$	0,8577
BRS SERTANEJA	VM	$y = 117,395 - 466,937x_1 + 306,770x_1^2 + 60,979x_2 + 51,753x_2^2 - 66,500x_1x_2$	0,9940
	QV	$y = 1,967 - 51,923x_1 + 53,956x_1^2$	0,8564
	VF	$y = 175,951 - 840,786x_1 + 551,424x_1^2 + 95,834x_2 + 89,425x_2^2 - 109,500x_1x_2$	0,9897
	TR	$y = 58,556 - 373,849x_1 + 244,653x_1^2 + 34,855x_2 + 37,672x_2^2 - 43,000x_1x_2$	0,9797
IRGA 417	VM	$y = 79,138 - 589,554x_1 + 465,320x_1^2 + 48,163x_2 - 117,000x_1x_2$	0,9846
	QV	$y = 11,182 + 12,125x_1$	0,8033
	VF	$y = 62,017 - 950,355x_1 + 766,005x_1^2 - 149,500x_1x_2$	0,9741
	TR	$y = -16,060 - 360,801x_1 + 299,974x_1^2$	0,9391

y = resposta; x1 = tempo (min); x2 = umidade [g (100 g)^{-1}]; termos escritos em *itálico* = o efeito apesar de não significativo ao nível de 5%, contribuiu para melhorar a resposta.

5.2.4.1 Viscosidade Máxima (Pico) das farinhas torradas

A viscosidade máxima ocorre após o início do aquecimento e antes do início do resfriamento da suspensão. Se os grânulos de amido não sofrerem tratamento térmico muito severo um percentual destes pode conservar parte da estrutura amilácea original, apresentando assim, um pico no perfil amilográfico, indicando amido não gelatinizado ou parcialmente gelatinizado (GUHA; ALI; BRATTACHARYA, 1998) como pode ser observado neste trabalho nas farinhas de arroz torradas em condições mais brandas (Figura 19).

De acordo com as curvas de viscosidade das farinhas torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 apresentadas na Figura 19, observa-se que somente os tratamentos submetidos aos menores tempos de torra (ensaio 1, 3 e 5) apresentaram algum pico de

viscosidade. O tratamento térmico pode destruir a estrutura cristalina do amido, de tal forma que, no ciclo de aquecimento, o viscoamilograma apresenta ausência de pico e valores muito baixos de viscosidade (CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002).

As farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera obtiveram modelo completo significativo para a viscosidade máxima ($P = 0,0005$), com R^2 de 0,9764, C.V. médio (28,59%) e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,2250$), conforme Apêndice E2. Assim, o modelo completo foi utilizado para demonstrar a tendência das variáveis independentes sobre a viscosidade máxima das farinhas torradas da cv. BRS Primavera, pois somente o efeito quadrático da umidade não foi significativo ($P = 0,3326$), mas este efeito foi mantido devido ao melhor ajuste do modelo. A partir do modelo completo foram elaborados gráficos bi e tridimensionais (Figura 20a).

De acordo com a Figura 20a, com o aumento da umidade das farinhas torradas da cv. BRS Primavera ocorreram picos da viscosidade maiores nos primeiros 15 min de torra. Em relação à variável tempo de torra com o aumento desta ocorreu diminuição e eliminação da viscosidade máxima, sendo que entre os tempos de 15,5 – 18,5 min, com umidades inferiores a $19,4 \text{ g (100 g)}^{-1}$ as farinhas torradas não apresentaram Pico, ou seja, os amidos dessas farinhas podem ter perdido a capacidade de inchar em consequência da dextrinização (MALI et al, 2005) ou devido complexação com outras moléculas, tais como lipídios e proteínas (MARTIN; FITZGERALD, 2002) durante o processo de torra, e que diminui a viscosidade e formação de gel.

Para tempos de torra superior a 20 min e umidade inferior a $18,7 \text{ g (100 g)}^{-1}$, existiu uma tendência a formação de picos de até 200 cP, provavelmente pela formação de ligações cruzadas fracas entre as cadeias de amilose e amilopectina (LEACH; MCCOWEN; SCHOCH, 1959 apud LIMBERGER et al., 2008).

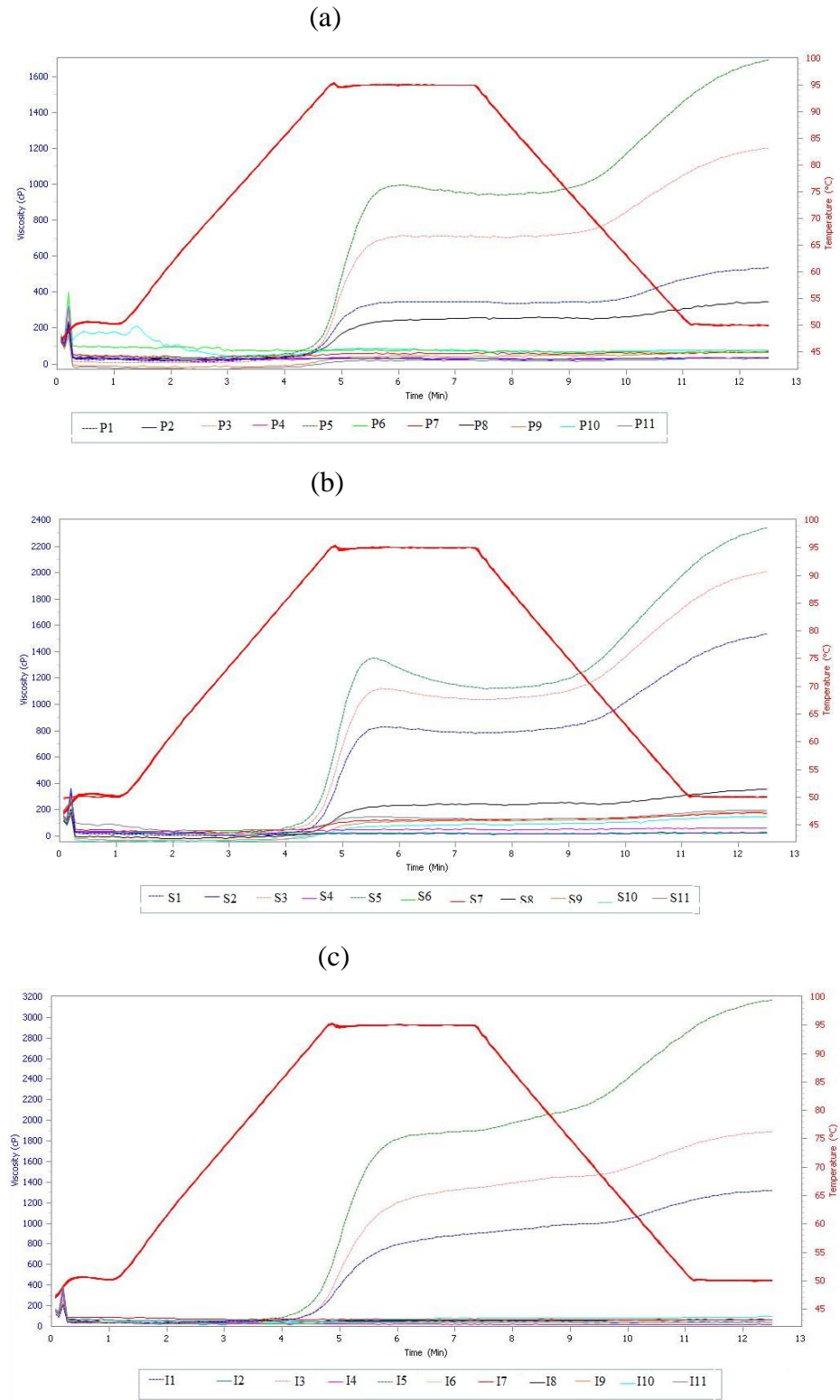


Figura 19. Curvas viscoamilográficas das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c).

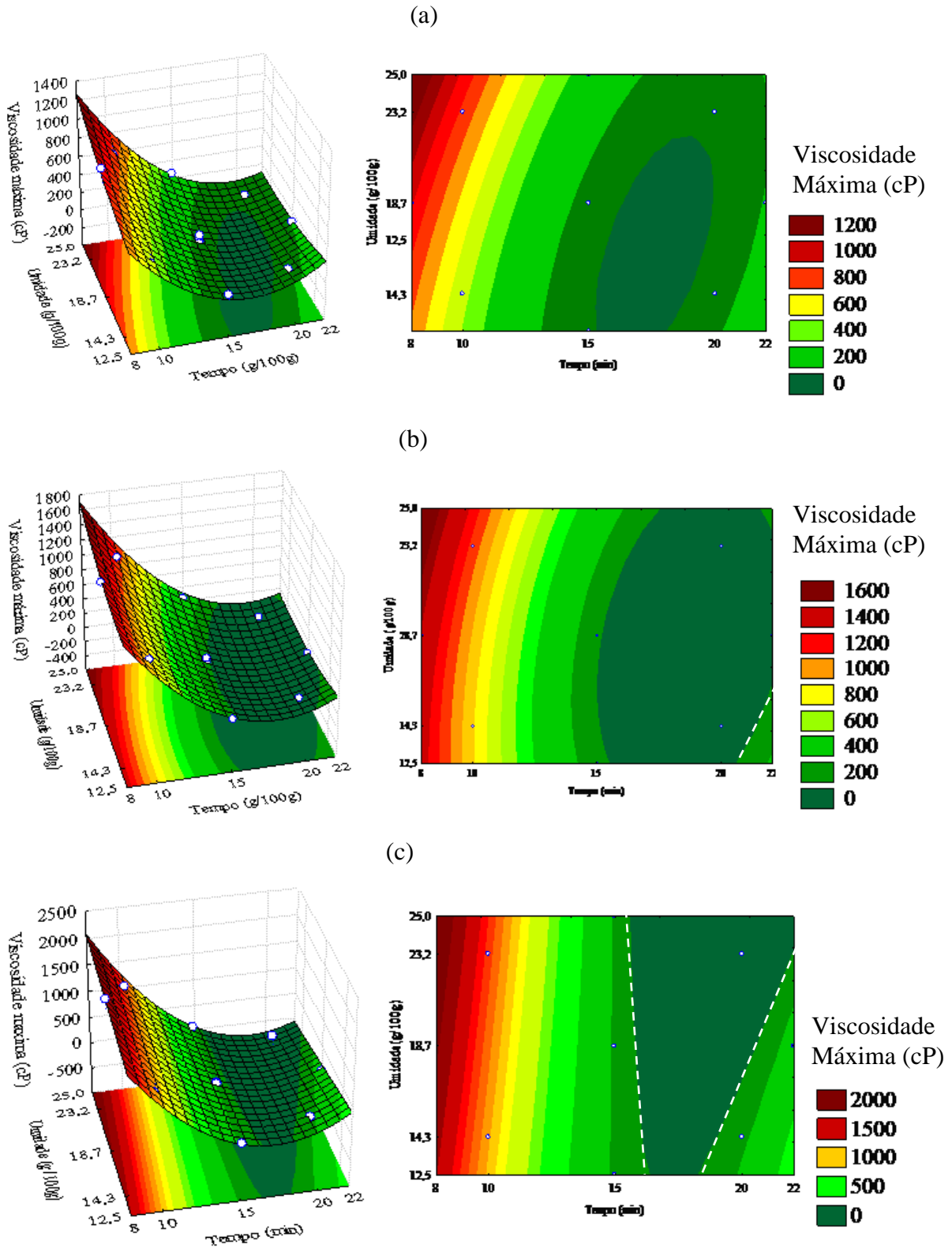


Figura 20. Efeito do tempo de torra e da umidade na viscosidade máxima (cP) das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas.

A viscosidade máxima das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja obteve modelo completo significativo ($P = 0,0000$), com R^2 elevado (99,40%), C.V. médio de 14,08 % e falta de ajuste não significativa ($FA = 0,1911$), podendo ser utilizado para fins preditivos (Apêndice E3). Como na cv. BRS Primavera o melhor ajuste foi obtido para o modelo matemático completo com os efeitos linear do tempo e da umidade, além do efeito quadrático do tempo de torra significativos ($P = 0,0000$; $P = 0,0229$ e $P = 0,0000$, respectivamente). O efeito quadrático da umidade não foi significativo ($P = 0,0543$), mas foi mantido no modelo teve influência sobre a resposta. A partir do modelo completo (Tabela 16) foi traçada a Figura 20b.

O efeito linear do tempo de torra sobre a viscosidade máxima das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja foi bem parecido com o observado nas farinhas da cv. BRS Primavera (Figura 20a), ou seja, ocorreu diminuição da viscosidade máxima até o tempo de torra de 18 min. Na região experimental com menor tempo de torra a cv. BRS Sertaneja obteve faixas mais altas de viscosidade (1400 a 1600 cP) em relação a cv. BRS Primavera (1000 a 1200 cP).

Para tempos de torra superior a 15 min, em qualquer umidade, ocorreu na resposta da cv. BRS Sertaneja uma região na qual as curvas das farinhas não tiveram pico de viscosidade. Contudo, observou-se que após 20,5 min de torra com umidades abaixo de $17,8 \text{ g (100 g)}^{-1}$ e superior a $23,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ que ocorreu uma tendência a formação de picos de 200 cP (a direita da linha tracejada) (Figura 20b).

O modelo matemático completo para a viscosidade máxima das farinhas torradas da cv. IRGA 417 foi significativo ($P = 0,0001$), com coeficiente de determinação de 0,9851, C.V. médio (26,97%) e falta de ajuste significativa ($FA = 0,0146$) (Apêndice E4). Como nas respostas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja ocorreu influência dos efeitos linear e quadrático do tempo de torra, sendo significativos ($P = 0,0000$, para ambos). Por sua vez, os efeitos linear e quadrático da variável umidade não foram significativos ($P = 0,2801$ e $P = 0,7124$, respectivamente), porém esses termos foram mantidos no modelo por melhorarem o ajuste deste. A partir do modelo ajustado para o Pico da viscosidade das farinhas (Tabela 16) foi elaborado gráfico de superfície de resposta e curvas de nível para verificar a tendência das respostas (Figura 20c).

Semelhante aos resultados encontrados para as farinhas de arroz torradas das outras cultivares pesquisadas neste trabalho a farinha da cv. IRGA 417 teve a viscosidade máxima diminuída com a torração. As farinhas da cv. IRGA 417 com umidade de $12,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ não apresentaram Pico de viscosidade entre os tempos de torra de 16,4 e 18,4 min. O mesmo ocorreu

com as farinhas com umidade acima de 23 g (100 g)⁻¹ e torradas em tempos acima de 16 min (área delimitada pelas linhas tracejadas na Figura 20c).

De maneira geral, em tempos de torra maiores que 15 min não se observou a formação do Pico de viscosidade nas farinhas de arroz torradas das três cultivares. Farinhas de arroz torradas com presença de Picos maiores podem ser obtidas com umidade maior que 14,3 g (100 g)⁻¹ e tempos de torra até 9 min.

Os valores de viscosidade máxima das farinhas torradas da cv. BRS Primavera foram inferiores aos da farinha crua desta cultivar, sendo que o menor resultado encontrado para as farinhas de arroz torradas foi quase 100% menor que o obtido pela farinha crua. Para as demais cultivares também se observou o mesmo. Esta variação dos Picos de viscosidade que chega a 98,98% entre as farinhas de arroz torradas e crua da cv. BRS Sertaneja e de 98,68% para cv. IRGA 417 indicam diferentes graus de gelatinização entre os tratamentos e que as farinhas torradas tem sua estrutura modificada pelo processamento (umidificação seguida de torra em micro-ondas).

Como a literatura sobre o processo de torração de farinhas de arroz ou de outros cereais, tubérculos e leguminosas é escassa buscou-se também para discussão trabalhos com farinha de outras fontes botânicas e outros tipos de processamento que não a torração. Existem pesquisas que consideram haver semelhanças entre as alterações causadas pela irradiação por micro-ondas em amidos de tubérculos com as alterações provocadas por tratamento por calor úmido (LEWANDOWICZ; JANKOWSKI; FORMAL, 2000) o que provavelmente pode-se estender às farinhas de arroz submetidas a irradiação por micro-ondas neste trabalho.

Limberger et al. (2008) trabalhando com modificação química (fosfatação) e física (extrusão) do amido de farinhas de quirera de arroz, observaram que os picos de viscosidade das farinhas fosfatadas foram menores do que as farinhas de quirera nativa, e o mesmo aconteceu para as farinhas extrusadas. Segundo esses autores, as condições desses processos contribuíram para o menor Pico de viscosidade das farinhas. A comparação entre as farinhas cruas e torradas no presente estudo também demonstraram redução da viscosidade das farinhas torradas, provavelmente devido as condições drásticas da torração em micro-ondas.

Em trabalho com amido de cereais, leguminosas e tubérculos, Hoover e Vasanthan (1994) observaram que o tratamento térmico aumentou a viscosidade a quente (95 °C) do amido de trigo, contudo ocorreu diminuição para os amidos de aveia, lentilha, batata e inhame. Esses resultados

demonstram que a extensão e configuração da cadeia de amido e associações desta são alteradas com o tratamento de calor úmido, sendo que a magnitude dessas alterações é dependente do teor de umidade no tratamento térmico e da fonte de amido. Para as farinhas torradas aqui pesquisadas o tratamento térmico com micro-ondas também diminuiu a viscosidade, independente do teor de umidade das farinhas e da cultivar.

A viscosidade máxima e a viscosidade da pasta a quente também são afetados por fatores de variação ambiental, tais como estação do ano e ano de plantio, enquanto a viscosidade final (viscosidade da pasta a frio), o *breakdown* e o *setback* são afetados principalmente pela variação genotípica (BAO et al., 2004).

5.2.4.2 Quebra da viscosidade (*breakdown*) das farinhas torradas

A quebra da viscosidade possibilita avaliar a estabilidade do amido em altas temperaturas e sob agitação mecânica, sendo importante, por exemplo, para avaliar materiais formadores de biofilmes (SANTOS, 2009).

As farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera obtiveram modelo completo não significativo ($P = 0,4163$) para a quebra da viscosidade (Apêndice E5), contudo ajustando-se o modelo, o efeito do tempo quadrático foi significativo ($P = 0,0022$), com R^2 de 0,6658 (Tabela 16) podendo assim, ser considerada a tendência da variável tempo sobre a resposta. A partir deste modelo foi elaborado gráfico de regressão linear, considerando o tempo de torra (Figura 21a).

Observa-se na Figura 21a o efeito quadrático do tempo de torra sobre a quebra de viscosidade com a diminuição desta até 16 min. Após esse tempo houve elevação dos valores de *breakdown*, tendendo a superar o maior valor de quebra da viscosidade que aconteceu quando as farinhas de arroz da cv. BRS Primavera foram torradas por 8 min.

O modelo matemático completo para a quebra da viscosidade das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja foi significativo ($P = 0,0319$), com coeficiente de determinação de 0,8637, C.V. muito alto (86,72%), e a FA não significativa ($FA = 0,0563$) (Apêndice E6). Pode-se justificar o alto C.V. devido à heterogeneidade do material obtido mesmo com mistura constante durante a torração, o que pode ser verificado em novos estudos utilizando-se fornos micro-ondas adaptados com misturadores.

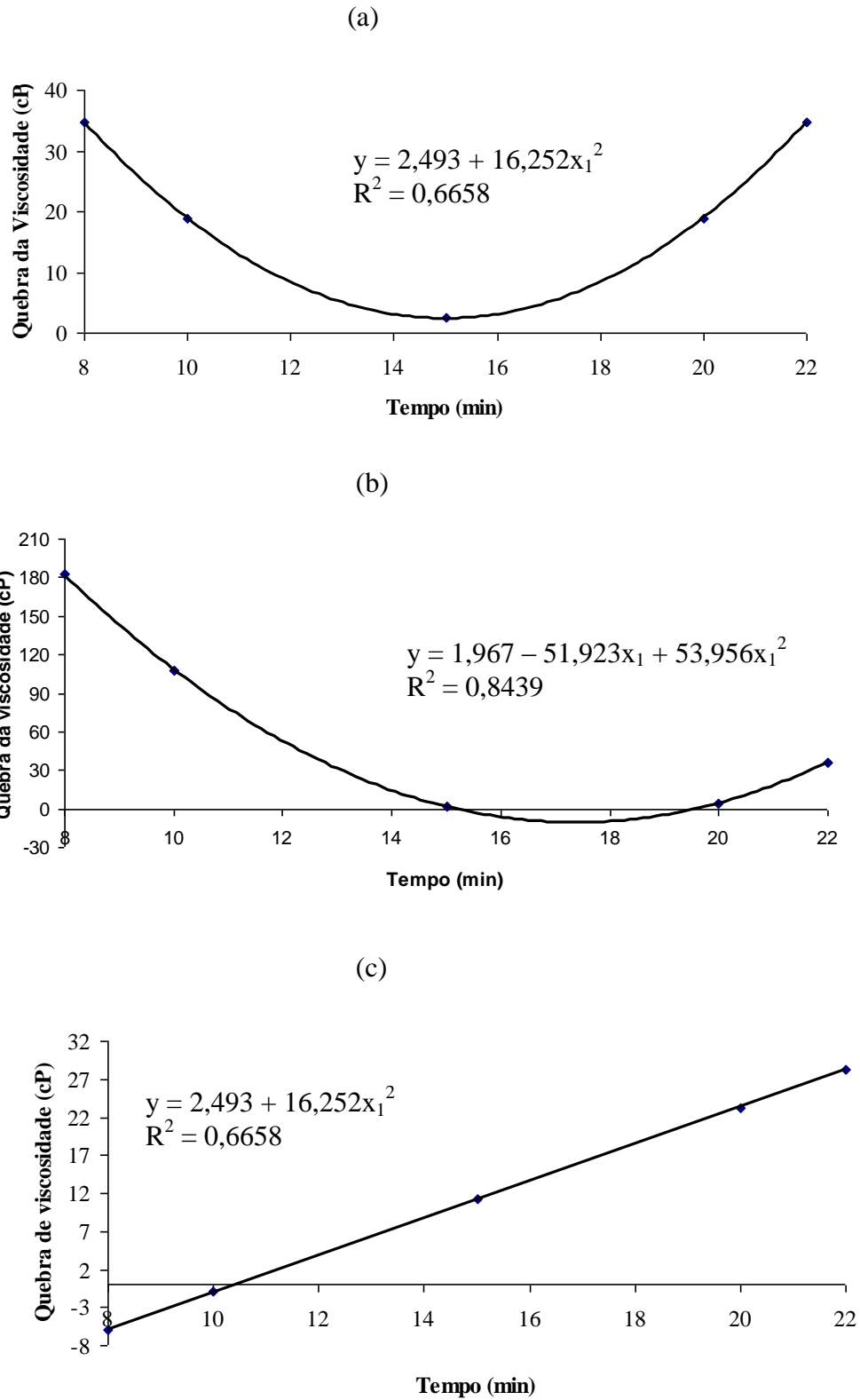


Figura 21. Efeito do tempo de torra sobre a quebra da viscosidade (cP) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c).

A variável umidade não foi significativa, nem quando interagiu com o tempo de torra. Somente os efeitos linear e quadrático do tempo de torra foram significativos ($P = 0,0010$ e $P = 0,0014$, respectivamente) (Tabela 16). A partir do modelo ajustado para essa resposta elaborou-se um gráfico de regressão simples (Figura 21b).

O ponto de máxima quebra da viscosidade (*breakdown*) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja ocorreu no tempo mínimo de torra (8 min), com um valor de 232 cP. À medida que aumentou o tempo de torra diminuí os valores da quebra da viscosidade. Atentando-se para os três pontos no gráfico dos maiores tempos de torra (20 e 22 min), observa-se uma tendência à estabilização da quebra de viscosidade em valores próximos de zero (Figura 21b).

O modelo matemático completo da quebra da viscosidade das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417 foi significativo ($P = 0,0163$), com R^2 de explicando 89,76% das respostas, C.V. alto (48,89%) e FA não significativa (0,1813) (Apêndice E7). Somente a variável tempo de torra (linear) foi significativa para esse modelo, com $P = 0,0002$. A partir do modelo ajustado (Tabela 16) foi traçado gráfico de regressão simples (Figura 21c), que serve para verificar a tendência da variável tempo sobre a quebra de viscosidade da cv. IRGA 417.

Ao contrário do que aconteceu nas outras amostras, as farinhas de arroz da cv. IRGA 417 obteve os valores de *breakdown* elevados com o processo de torração, sendo que o maior valor desta resposta foi obtido para farinhas com máxima torra (22 min). Quando se compara o *breakdown* das farinhas de arroz torradas das demais cultivares com o da cv. IRGA 417 observa-se que o maior valor obtido para quebra de viscosidade (30 cP) foi mais baixo que os obtidos pelas farinhas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja (Apêndice E1), sendo a diferença entre esses valores de 95,30% e 96,95%, respectivamente.

As curvas amilográficas apresentadas na Figura 21c e os resultados do Apêndice E1 demonstram que as farinhas da cv. IRGA 417, submetidas aos menores tempo de torra (8 e 10 min), obtiveram valores negativos ou nulos para a quebra da viscosidade. Tais resultados ocorreram porque as farinhas torradas nestes tempos tiveram os maiores valores de Pico de viscosidade e quando atingiram a máxima gelatinização não tiveram decréscimo da viscosidade a frio, pelo contrário, continuaram a aumentar. Assim quando se subtraiu a viscosidade máxima do menor valor de viscosidade após o pico no perfil amilográfico os *breakdowns* das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417 apresentam-se negativos. Deduz-se que as farinhas de arroz torradas em condições brandas são mais resistentes a agitação durante aquecimento. A cv. IRGA

417 poderia ser recomendada para produtos alimentícios servidos quentes, tais como sopas e bebidas, nos quais é desejável manter a viscosidade após o aquecimento.

Portanto, o tempo de torra influenciou no *breakdown* de todas as farinhas torradas e houve diferentes respostas de acordo com as diferentes cultivares. Isso está de acordo com os dados obtidos por Bao et al. (2004), que avaliaram as influências do genótipo de arroz e de fatores ambientais sobre as propriedades de pasta do amido, conteúdo de amilose e textura dos géis, concluindo que o genótipo tem influência sobre a quebra de viscosidade. Nesta pesquisa as farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera tiveram decréscimo da quebra de viscosidade com posterior elevação dos resultados, na cv. BRS Sertaneja somente ocorreu decréscimo com a torração e na cv. IRGA 417 somente elevação dos valores de *breakdown*.

5.2.4.3 Viscosidade Final

As farinhas torradas da cv. BRS Primavera obtiveram modelo completo significativo para a viscosidade final ($P = 0,0005$), com R^2 de 0,9749, C.V alto de 33,42% e FA significativa (0,0236), porém o Q.M. do erro experimental foi baixo (625) em relação ao Q.M. da falta de ajuste (26.031), podendo este modelo ser somente utilizado para verificar a tendência das respostas (Apêndice E8). Para a viscosidade final das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera o modelo matemático completo foi o mais adequado, sendo que os efeitos linear e quadrático do tempo de torra ($P = 0,0001$ e $P = 0,0008$, respectivamente), o efeito linear da umidade ($P = 0,0309$) e a interação umidade e tempo ($P = 0,0467$) foram todos significativos. O efeito quadrático da umidade não foi significativo ($P = 0,3896$), mas foi mantido no modelo devido ao melhor ajuste deste. A partir do modelo completo (Tabela 16) foram gerados gráficos bi e tridimensional (Figura 22a).

Até 17 min de torra o aumento da umidade das farinhas torradas da cv. BRS Primavera levou ao aumento da viscosidade final. Mas após os 20 min de torra houve diminuição da viscosidade final com a elevação da umidade das farinhas. Observa-se uma região na qual a viscosidade final foi 0 cP (área delimitada pelas linhas brancas na Figura 22a). Com o passar do tempo de torra ocorreu uma elevação da viscosidade final para 300 cP, que poderia ser explicada pela tendência dos grânulos de amidos se re-estruturarem.

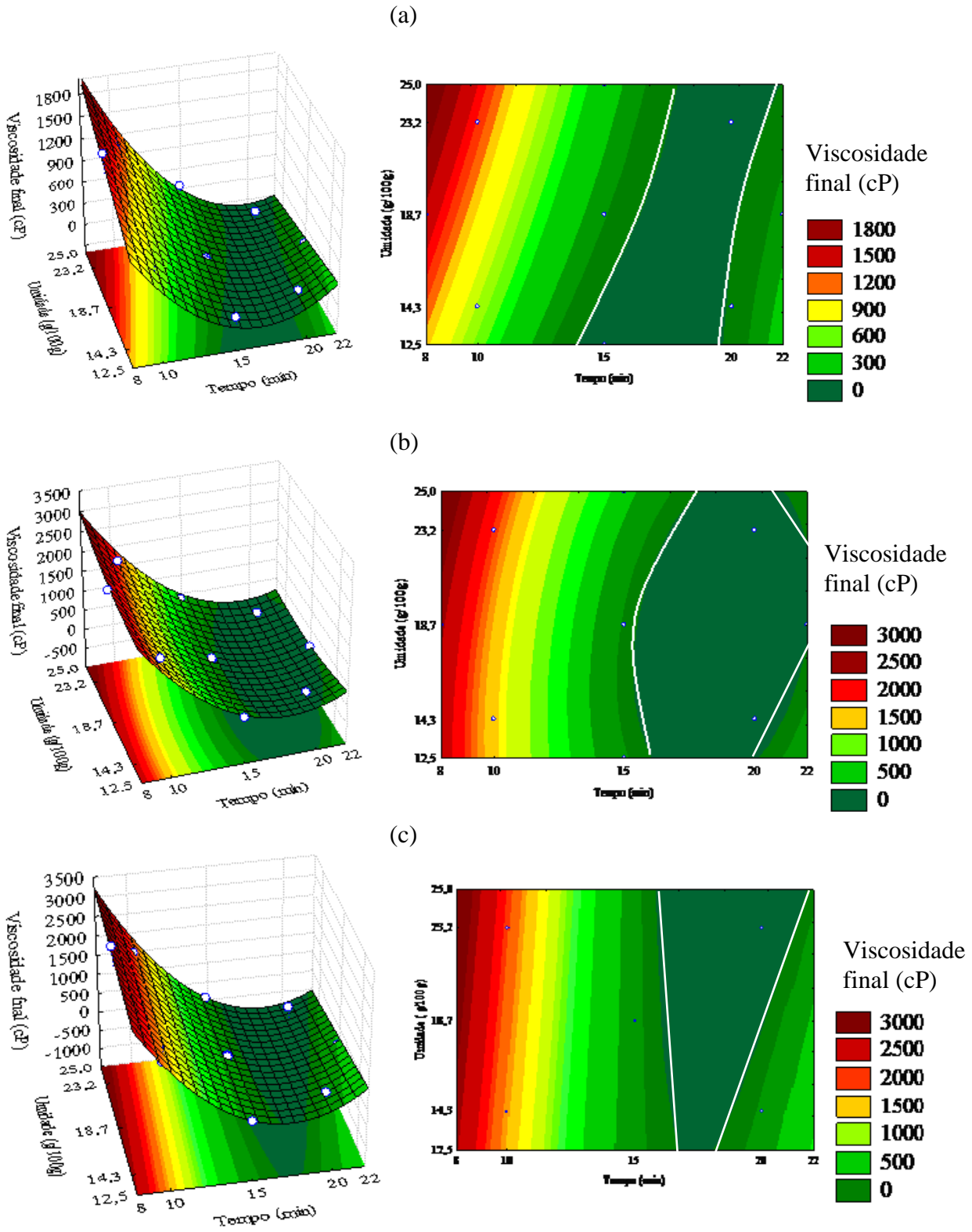


Figura 22. Efeito do tempo de torra e da umidade na viscosidade final (cP) das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas.

O modelo completo para a viscosidade final das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja foi significativo ($P = 0,0001$), com R^2 elevado de 0,9897, C.V. médio de 19,52 % e FA significativa (0,0223). Essa FA pode ser aparente porque o Q.M. do erro experimental foi baixo (582) em relação ao Q.M. da falta de ajuste (25673) (WASZCZYNSKYJ; RAO; SILVA, 1981) (Apêndice E9). Mas devido ao C.V. médio, o modelo serve somente para verificar a tendência da resposta.

Como para as farinhas torradas da cv. BRS Primavera o melhor ajuste foi obtido com o modelo matemático completo, no qual os efeitos linear e quadrático da umidade e o efeito da interação da umidade com o tempo não foram significativos ($P = 0,0827$; $P = 0,1513$ e $P = 0,1403$, respectivamente). Em relação ao tempo de torra ambos os efeitos foram significativos, sendo linear ($P = 0,0000$) e quadrático ($P = 0,0001$). A partir deste modelo (Tabela 16) traçaram-se os gráficos apresentados na Figura 22b.

Observa-se que o efeito da variável tempo de torra sobre a viscosidade final das farinhas da cv. BRS Sertaneja são bem parecidos com os observados na cv. BRS Primavera (Figuras 22a), ou seja, ocorre diminuição da viscosidade final das amostras até o tempo de torra próximo de 15 min, mantendo a viscosidade próximo de zero com a continuação do processo de torra. No entanto, os valores máximos de viscosidade final são maiores na cv. BRS Sertaneja e na cv. IRGA 417 (3000 cP) do que na cv. BRS Primavera (1800 cP).

Para as farinhas torradas da cv. IRGA 417 o modelo matemático completo da viscosidade final também foi significativo ($P = 0,0004$), com um coeficiente de determinação de 0,9775, C.V. elevado (36,31%), e falta de ajuste significativa ($FA = 0,0088$), porém foi esta pode ser considerada aparente porque o Q.M. do erro experimental foi baixo (737,33) em relação ao Q.M. da falta de ajuste (83273) (Apêndice E10). O modelo ajustado pode ser utilizado para observar a tendência da resposta em relação à variável tempo de torra, pois seus efeitos foram significativos ($P = 0,0001$ e $P = 0,0005$, respectivamente para efeito linear e quadrático). O efeito da interação da umidade com o tempo, apesar de não significativo ($P = 0,1847$) foi mantida no modelo, pois melhorou o ajuste deste (Tabela 16). Gráficos de superfície de resposta e curvas de nível foram elaborados a partir do modelo ajustado, sendo apresentados na Figura 22c.

Sebio e Chang (2000) avaliaram os efeitos dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades físico-químicas de farinha de inhame e afirmaram que os menores valores de viscosidade final são obtidos em tratamentos severos, onde ocorre degradação dos grânulos de

amido e possíveis rompimentos de suas estruturas moleculares, que causam a perda de capacidade de retrogradação das mesmas, diminuindo a viscosidade no resfriamento. Assim, as farinhas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja podem ter sofrido mais modificações com o processamento em forno micro-ondas.

De modo geral a viscosidade final das farinhas de arroz torradas para todas as cultivares aqui pesquisadas foi inferior a viscosidade final das respectivas farinhas cruas. A viscosidade final é um parâmetro importante no uso de amido em alimentos, corresponde à viscosidade a ser desenvolvida no produto final e, portanto, deve ser apreciada pelo consumidor (OLIVEIRA et al., 2009). As farinhas de arroz torradas que obtiveram menor viscosidade final podem ser usadas como ingredientes em produtos no quais não se deseja que ocorra endurecimento ou gelificação no produto final a quente, como por exemplo, os achocolatados.

5.2.4.4 Tendência à retrogradação (*setback*)

A tendência à retrogradação é a propriedade amilográfica que permite avaliar o comportamento do amido durante a fase de resfriamento (LIMBERGER et al., 2008). Para as farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera o modelo matemático completo para o *setback* foi significativo ($P = 0,0016$), com coeficiente de determinação do modelo completo explicando 96% das respostas, C.V. muito alto (51,32%) e a FA não significativa (0,1076) (Apêndice C11). Assim, o modelo só pode ser utilizado para verificar a tendência das respostas. No modelo ajustado os efeitos linear e quadrático do tempo de torra foram significativos, com $P = 0,0001$ e $P = 0,0010$, respectivamente e os efeitos linear da umidade e da interação umidade e tempo, que apesar de não significativos ($P = 0,0582$, para ambos), foram mantidos no modelo, pois melhoram o ajuste. A partir do modelo ajustado (Tabela 16) foram elaborados gráficos, que apresentam a variação desta resposta em função das variáveis independentes (Figura 23a).

A tendência à retrogradação das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera diminuiu à medida que aumentou o tempo de torra. No gráfico de curvas de nível observa-se a existência de uma região na qual a resposta foi 0 cP (entre linhas brancas na Figura 23a). As farinhas com umidades de $12,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ apresentam *setback* nulo quando submetidas a tempos de torra entre 13,3 a 20 min. Após os 20 min de torra e em umidades abaixo de $21 \text{ g (100 g)}^{-1}$ ocorreu ligeira elevação da retrogradação (200 cP).

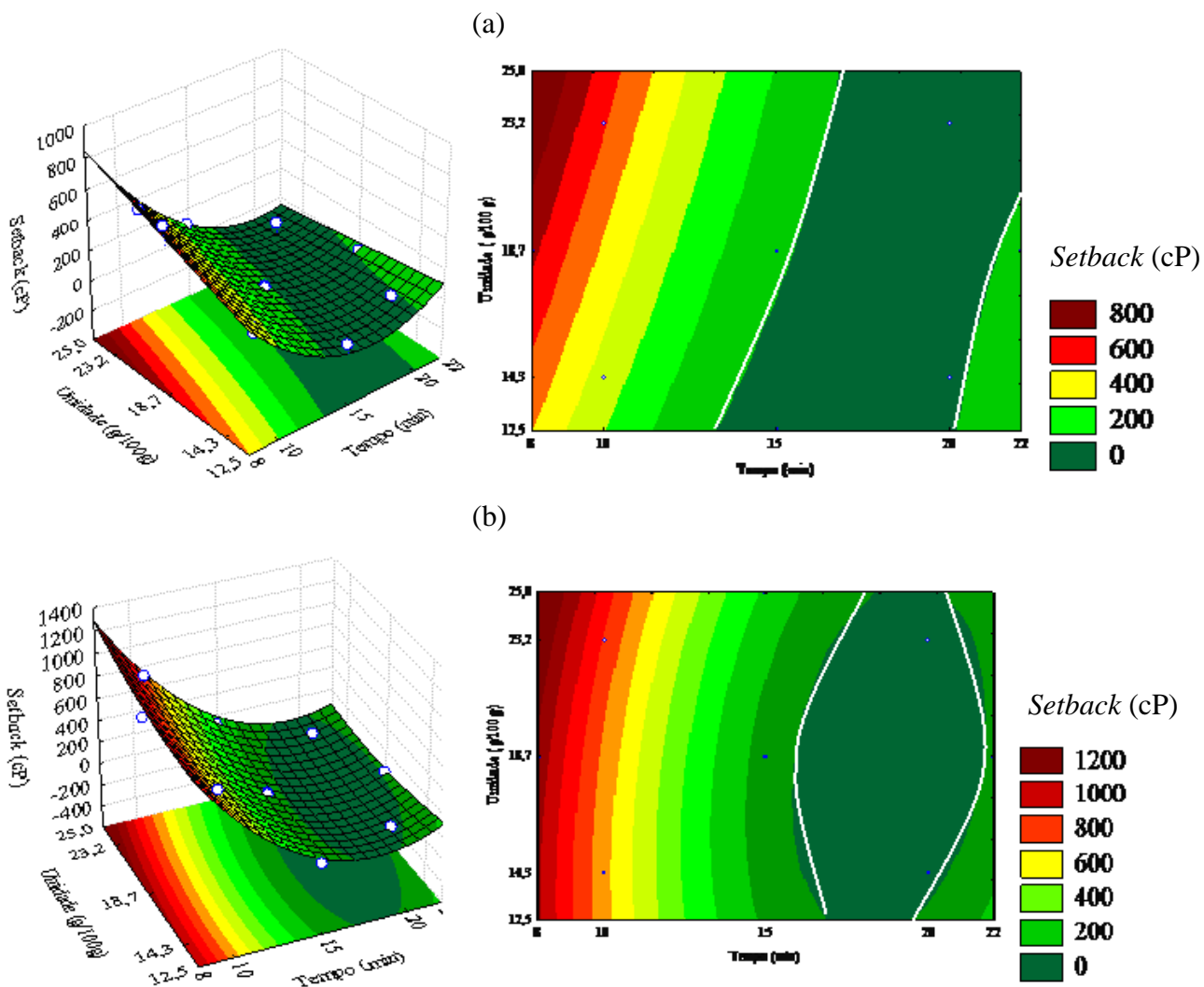


Figura 23. Efeito do tempo de torra e da umidade na tendência à retrogradação (*setback*) (cP) das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a) e BRS Sertaneja (b) torradas em micro-ondas.

O modelo completo das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja para o *setback* foi significativo ($P = 0,0003$), com R^2 elevado (0,9767), coeficiente de variação alto (29,69%) e a falta de ajuste significativa ($FA = 0,0075$), no entanto, o Q.M. do erro experimental foi baixo (76) perto do Q.M da falta de ajuste (10133) podendo esse erro ser aparente (WASZCZYNSKYJ; RAO; SILVA, 1981) (Apêndice E12). Os efeitos linear e quadrático do tempo de torra foram significativos para a tendência à retrogradação, com $P = 0,0000$ e $P = 0,0007$, respectivamente. Como foi utilizado o modelo matemático completo foram deixados os efeitos da umidade (linear e quadrático) e o efeito da interação da umidade com o tempo, mesmo estes não sendo

significativos ($P = 0,2635$, $P = 0,3057$ e $P = 0,3214$, respectivamente). Devido ao alto C.V., o modelo somente pode ser utilizado para verificar a tendência dos efeitos sobre a resposta. A partir deste modelo (Tabela 16) foram elaborados gráficos bi e tridimensionais que consideram a influência das variáveis independentes sobre o *setback* (Figura 23b).

Similar ao acontecido nas farinhas torradas cv. BRS Primavera (Figura 23a) ocorreu uma diminuição dos valores de *setback* até 17,5 min de tempo de torra [farinhas com umidade de $12,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$] (Figura 23b). Observou-se também uma região na qual a resposta foi 0 cP, sendo encontrada nas farinhas da cv. BRS Sertaneja submetidas a tempo de torra entre 16 e 21,5 min com umidade de $12,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ (área entre linhas brancas na Figura 23a). As farinhas com tempos de torra acima de 20 min obtiveram a elevação do *setback*.

As farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja com maior tendência à retrogradação (1200 cP) foram as submetidas aos menores tempos de torra (até 9 min) e umidades elevadas [acima de $21,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$]. Os maiores valores de *setback* obtidos pelas farinhas desta cultivar foram maiores que os encontrados para a mesma faixa de processamento da cv. BRS Primavera (800 cP), sendo que as farinhas menos torradas da cv. BRS Sertaneja obtiveram tendência à retrogradação 33% mais elevadas que as amostras da cv. BRS Primavera.

Para as farinhas torradas da cv. IRGA 417 a tendência à retrogradação obteve modelo completo significativo ($P = 0,0035$), que explicou 94,56% das respostas, com C.V. muito alto (67,59%) e falta de ajuste significativa ($FA = 0,0034$), conforme observado no Apêndice E13. No modelo ajustado, que pode ser utilizado somente para verificar a tendência das respostas, os efeitos linear e quadrático do tempo de torra foram significativos ($P = 0,0000$ e $P = 0,0002$, respectivamente) para o *setback*, podendo ser visualizados na Figura 24.

As farinhas torradas da cv. IRGA 417 obtiveram tendência à retrogradação decrescente à medida que se avança o processo de torra em micro-ondas. Os maiores tempos de torra (20 - 22 min) tiveram resposta negativa, mas com tendência a estabilização dos valores de *setback* em valores próximos a zero (Figura 24).

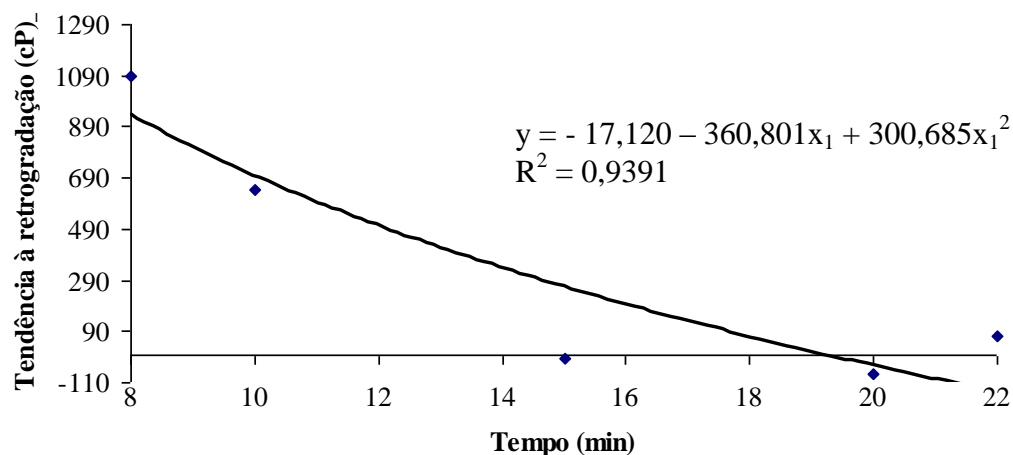


Figura 24. Efeito do tempo de torra sobre a tendência à retrogradação (*setback*) (cP) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417.

Segundo Borba, Sarmiento e Leonel (2005) tratamentos térmicos que degradam o amido levam ao rompimento das estruturas moleculares e a redução da capacidade de recristalização dos mesmos. Provavelmente, isso aconteceu nas farinhas mais torradas da cultivares aqui pesquisadas, impedindo assim, a retrogradação das suspensões destas amostras. Tais farinhas poderiam ser utilizadas como ingredientes em sopas e mingaus de preparo rápido sob aquecimento, pois de acordo com Clerici e El-Dash (2008), estes produtos necessitam de farinhas com baixa retrogradação durante o resfriamento.

Observando a Figura 19 e Apêndice E1 nota-se que não ocorreu formação de pasta para a maioria das farinhas torradas da cv. IRGA 417, exceto para os experimentos 1, 3 e 5, que são os tratamentos nos quais as farinhas foram menos torradas. Sabendo que os géis de amido são compostos de grânulos de amido intumescidos numa matriz de amilose, com o reforço das estruturas por grânulos gelatinizados (RING, 1985), provavelmente o menor conteúdo de amilose, como foi observado nas farinhas com maior tempo de torra de todas as cultivares aqui pesquisadas (Apêndice B1), influenciou nessa resposta. De acordo com Peroni, Rocha e Franco (2006), a alta tendência à retrogradação é típica de amidos com alto teor de amilose pela maior facilidade dessa molécula em se re-associar com o resfriamento da pasta.

A variação dos valores de tendência à retrogradação foi de 0 a 696 cP para as farinhas torradas da cv. BRS Primavera, de 0 a 984 cP para a cv. BRS Sertaneja e de -22 a 1276 cP para a

cv. IRGA 417 (Apêndice E1). Quando se compara as amostras menos torradas, que obtiveram os maiores valores de *setback* dentre as farinhas processadas, com as amostras cruas percebe-se que ocorreu diminuição de 54,15% e 54,13%, respectivamente para as farinhas das cvs. BRS Primavera e IRGA 417, valores que aumentam mais ainda quando se compara as farinhas mais torradas com as cruas. Para as farinhas da cv. BRS Sertaneja ocorreu um leve aumento do *Setback* quando se compara farinha crua com a farinha torrada de maior resposta (924 cP e 984 cP, respectivamente). Contudo, com a continuação da torra ocorreu diminuição da tendência à retrogradação como observado nas outras cultivares trabalhadas.

Comparando as curvas amilográficas das farinhas cruas com as farinhas torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 (Figuras 18 e 19), observou-se que os valores de viscosidade, de modo geral, foram menores nas farinhas torradas, e que todos os parâmetros viscoamilográficos enfocados neste trabalho foram menores que os das respectivas farinhas cruas. Viscosidades menores no perfil amilográfico estão de acordo com a literatura, que comparando farinhas e/ou amidos de arroz submetidos a algum tratamento hidrotérmico ou modificações físicas e químicas com suas respectivas farinhas nativas obtiveram menor viscosidade tanto a quente quanto a frio (CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002; BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005; CLERICI; EL-DASH, 2008; LIMBERGER et al., 2008).

Em trabalho com irradiação por micro-ondas em tubérculos com conteúdo de umidade limitado (35%), Lewandowicz, Jankowski e Fornal (2000) observaram aumento na temperatura necessária para formação de pasta, uma redução da solubilidade e mudanças na estrutura cristalina do grânulo de amido. Estes autores concluíram que a extensão das mudanças foi maior quando o teor de umidade foi maior.

De acordo com Gilabert Escrivá, Pezoa García e Marsaioli Jr. (1998), que compararam as propriedades reológicas da massa de cacau torrada convencionalmente e por micro-ondas, a viscosidade plástica das amostras torradas em micro-ondas foi, em geral, menor que as daquelas torradas em forno elétrico rotativo, concluindo que o processo de torra em micro-ondas é vantajoso, pois reduz o tempo do processo e se obtêm material mais fluido, que é o desejado nesse caso.

A micro-estrutura das moléculas de amido são afetadas durante os processos térmicos, tais como a torrefação, e os diferentes graus de viscosidades e propriedades de hidratação são atribuídas às mudanças de rigidez dos grânulos de amido tratado (LAI, 2001). Hoover e Manuel

(1996) investigaram a natureza e o grau de interação de amido de milho tratado com calor úmido e constataram interações da cadeia de amido do tipo amilose-amilose, amilose-lipídios e amilose-amilopectina devido esse processamento. Segundo ZULETA et al. (2006), a retrogradação acontece mais rapidamente em amido de arroz com alto conteúdo de amilose e durante o armazenamento à baixa temperatura. As farinhas torradas das três cultivares de arroz aqui pesquisadas obtiveram menores teores de amilose e menores viscosidade, pois possivelmente houve essa redução da viscosidade devido as interações da amilose, que provocaram também sua redução, quando comparada com as farinhas cruas.

Apesar das características físico-químicas dos géis de amido e das propriedades de pasta serem em grande parte determinadas pela concentração de amido e da estrutura do grânulo inchado, componentes das farinhas, tais como as proteínas e os lipídios também podem alterar as propriedades reológicas do amido cozido. As concentrações destes componentes afetam as propriedades de pasta por facilitarem ou não a formação de zonas de junção entre as moléculas, afetando assim a firmeza das pastas (MARTIN; FITZGERALD, 2002).

As proteínas podem contribuir para o menor pico da viscosidade e contribuir com a viscosidade final (FITZGERALD et al., 2003; BAO et al., 2004). De acordo com trabalho de Lim et al. (1999) a remoção de proteínas de farinhas de arroz aumentou o pico da viscosidade máxima, indicando melhor absorção de água pelo amido. Segundo Shi, Zhu e Yu (2000) o conteúdo de proteína é afetado pelo genótipo versus interação do ambiente e, esses autores deduziram que as diferenças no teor de proteína total decorrente do meio ambiente pode influenciar os parâmetros de viscosidade de pasta.

A remoção dos lipídios presentes em farinhas altera a estrutura de pasta de forma significativa, o que conseqüentemente altera as curvas de viscosidade e a textura dos géis formados por estas. Isso acontece porque existe a complexação da amilose com o lipídios, impedindo assim que esta esteja disponível para a formação de pasta (FITZGERALD et al., 2003; VANDEPUTTE, et al., 2003; BAO et al., 2004).

Para a cv. BRS Sertaneja acredita-se que o aumento dos teores de extrato etéreo observados em tempo de torra e umidade elevados tenha contribuído para o decréscimo da viscosidade, pois a menor retrogradação (*setback*) dessa cultivar foi observada em tempos de torra elevado. Conforme Hibi (1994), o lipídio se complexa com a amilose, causando uma

diminuição na quantidade de carboidrato solubilizado e no intumescimento do amido, sendo estes importantes na viscosidade.

As afirmações desses autores quanto às interações amilose-lipídios e amilose-proteínas corroboram com os achados deste trabalho, pois de maneira geral as amostras torradas das cultivares aqui pesquisadas tiveram redução dos conteúdos de lipídios, de proteínas e de amilose, provavelmente devido complexação com o amido da farinha, o que levou a diminuição da viscosidade destas quando processadas em micro-ondas.

As condições de secagem e de armazenamento também podem alterar a viscosidade das suspensões analisadas em RVA, contudo seus mecanismos ainda não são bem explicados na literatura (PATINDOL et al., 2003; ZHOU et al., 2003). Segundo Chrastil (1992), que estudou a correlação entre propriedades físico-químicas e funcionais de três variedades de arroz dos EUA, o armazenamento aumentou o teor de amilose das farinhas, o que altera também a viscosidade das mesmas, contudo a diferença existente entre as variedades foi muito mais significativa que o armazenamento por si só.

5.2.5 Índices de absorção em água e solubilidade em água

As médias do índice de absorção em água e do índice de solubilidade em água das farinhas cruas das três cultivares estudadas estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Índice de absorção em água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas de arroz cruas das cultivares BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

PARÂMETROS	CULTIVARES		
	BRS Primavera	BRS Sertaneja	IRGA 417
IAA [g gel (g MS) ⁻¹] *	2,65 ± 0,02 ^a	2,63 ± 0,05 ^a	2,79 ± 0,09 ^b
ISA (%)	1,12 ± 0,00 ^a	1,17 ± 0,06 ^a	1,23 ± 0,02 ^a

* g gel (g MS)⁻¹ = massa do gel (g) sobre a massa da amostra em base seca (g);

Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

As cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja não diferiram significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro. Contudo, existe diferença ($P \leq 0,05$) destas com a farinha crua da cv. IRGA 417, sendo esta a que apresentou o maior valor de IAA. O IAA da farinha da cv. IRGA 417 foi 5,1% maior que o resultado encontrado para farinha da cv. BRS Primavera e 5,7% do que a cv. BRS Sertaneja. Possivelmente esta farinha possui o maior número de hidroxilas (-OH)

disponíveis para formar ligações de hidrogênio com a água e, como consequência, possui também o maior IAA.

Em relação ao índice de solubilidade em água não ocorreram diferenças ($P > 0,05$) entre as médias das cultivares (Tabela 17). Os valores de IAA encontrados neste trabalho são próximos aos obtidos por farinhas de arroz cruas de cultivares indefinidas, sendo de $2,59 \text{ g gel (g MS)}^{-1}$ (DORS; CASTIGLIONI; AUGUSTO-RUIZ, 2006) e $2,84 \text{ g gel (g MS)}^{-1}$ (BARBOSA et al., 2006). Já os valores de ISA determinados por esses mesmos autores foram superiores aos observados nesta pesquisa, sendo 2,10% e 1,82% maiores, respectivamente. Possivelmente essas diferenças sejam devido às características próprias de cada cultivar de arroz, tais como conteúdo de amilose ou então à granulometria das farinhas trabalhadas por cada autor. Segundo Leoro (2007) o processo de moagem para a obtenção da farinha fina pode danificar o amido aumentando os sólidos solúveis e a taxa de absorção de água. Assim, pode ser que as farinhas com os resultados acima citados possam ser mais finas que as farinhas de arroz avaliadas neste estudo.

As médias e desvios-padrões de IAA e ISA para as farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 torradas sob diferentes condições de umidade e tempo estão apresentados no Apêndice F1. Os modelos de regressão ajustados e os coeficientes de determinação (R^2) para essas respostas estão apresentados na Tabela 18. Já as análises estatísticas resumidas do IAA e ISA, para cada cultivar de arroz, estão nos Apêndices F2 a F7.

As farinhas torradas da cv. BRS Primavera obtiveram modelo completo significativo para IAA ($P = 0,0423$), com R^2 alto (84,62%), C.V. baixo (6,0%) e falta de ajuste significativa ($FA = 0,0127$), conforme Apêndice F2. A FA significativa pode ser considerada aparente, visto que o Q.M. do erro experimental foi baixo (0,0005) em relação ao Q.M. da falta de ajuste (0,0435), podendo o modelo ser usado com fins preditivos (WASZCZYNSKYJ; RAO; SILVA, 1981). O efeito linear da umidade ($P = 0,0143$) e os efeitos linear e quadrático do tempo de torra ($P = 0,0252$ e $P = 0,0303$, respectivamente) foram significativos. O efeito quadrático da umidade e a interação umidade e tempo não foram significativos, porém como o melhor ajuste ocorreu com o modelo que contém a interação esta foi mantida no modelo ($P = 0,1693$). A partir do modelo matemático ajustado (Tabela 18) foram elaborados gráficos bi e tridimensionais, considerando as variáveis independentes umidade [g (100 g)^{-1}] e tempo de torra em micro-ondas (min) das farinhas de arroz da cv. BRS Primavera, apresentados na Figura 25a.

Tabela 18. Modelos de regressão ajustados e coeficientes de determinação (R^2) do Índice de Absorção de Água (IAA) e Índice de Solubilidade em Água (ISA) para as farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

CULTIVAR	RESPOSTAS	MODELO ($P \leq 0,05$)	R^2
BRS PRIMAVERA	IAA g gel (g MS) ⁻¹	$y = 2,578 - 0,159x_1 + 0,174x_1^2 - 0,184x_2 + 0,135x_1x_2$	0,8371
	ISA (%)	$y = 0,610 + 1,244x_1 + 1,032x_1^2 - 0,411x_2 - 0,481x_1x_2$	0,9165
BRS SERTANEJA	IAA g gel (g MS) ⁻¹	$y = 2,617 + 0,118x_1 - 0,024x_2$	0,8082
	ISA (%)	$y = 1,221 + 0,392x_1 - 0,283x_2 - 0,245x_1x_2$	0,7222
IRGA 417	IAA g gel (g MS) ⁻¹	$y = 2,870 + 0,640x_1 + 0,407x_1^2 + 0,320x_1x_2$	0,9069
	ISA (%)	$y = 1,913 + 4,408x_1 + 2,714x_1^2 + 1,551x_2 + 3,498x_1x_2$	0,8733

y = resposta; x1 = tempo (min); x2 = umidade [g (100 g)⁻¹]; termos escritos em itálico = o efeito apesar de não ser significativo ao nível de 5%, contribuiu para melhorar o ajuste do modelo.

Com o incremento da umidade das farinhas ocorreu uma diminuição do IAA, observada principalmente após 12,8 min de torra. Com o aumento do tempo de torra ocorreu aumento do IAA, sendo que o máximo valor obtido para essa resposta [4,4 g gel (g MS)⁻¹] foi encontrado em farinhas de arroz torradas acima de 20 min e umidade abaixo de 15 g (100 g)⁻¹ (Figura 25a), indicando que os grânulos das farinhas mais torradas e menos úmidas sofreram rupturas, mas ainda mantiveram a estrutura, facilitando a ligação com as moléculas de água.

De acordo com o gráfico de curvas de nível da Figura 25a, é possível notar uma região na qual as farinhas torradas obtiveram o menor valor de IAA (área delimitada pela linha branca). As farinhas dessa região foram submetidas a tempos de torra intermediários (12,8 - 18 min) e umidade elevada [acima de 23,2 g (100 g)⁻¹]. Grande parte das farinhas torradas obtiveram IAA inferior a 3 g gel (g MS)⁻¹, com apenas dois pontos experimentais (ensaios 2 e 6) obtendo valores superiores a este (Apêndice F1).

As farinhas de arroz da cv. BRS Sertaneja, em relação ao IAA, obtiveram modelo completo não significativo ($P = 0,0905$), com R^2 de 78,53%, C.V. baixo (2,86%) e a falta de ajuste não significativa ($FA = 0,5599$), conforme observado no Apêndice F3. Como ocorreram termos significativos no modelo ajustado este pode ser utilizado para verificar a tendência da resposta (Tabela 18).

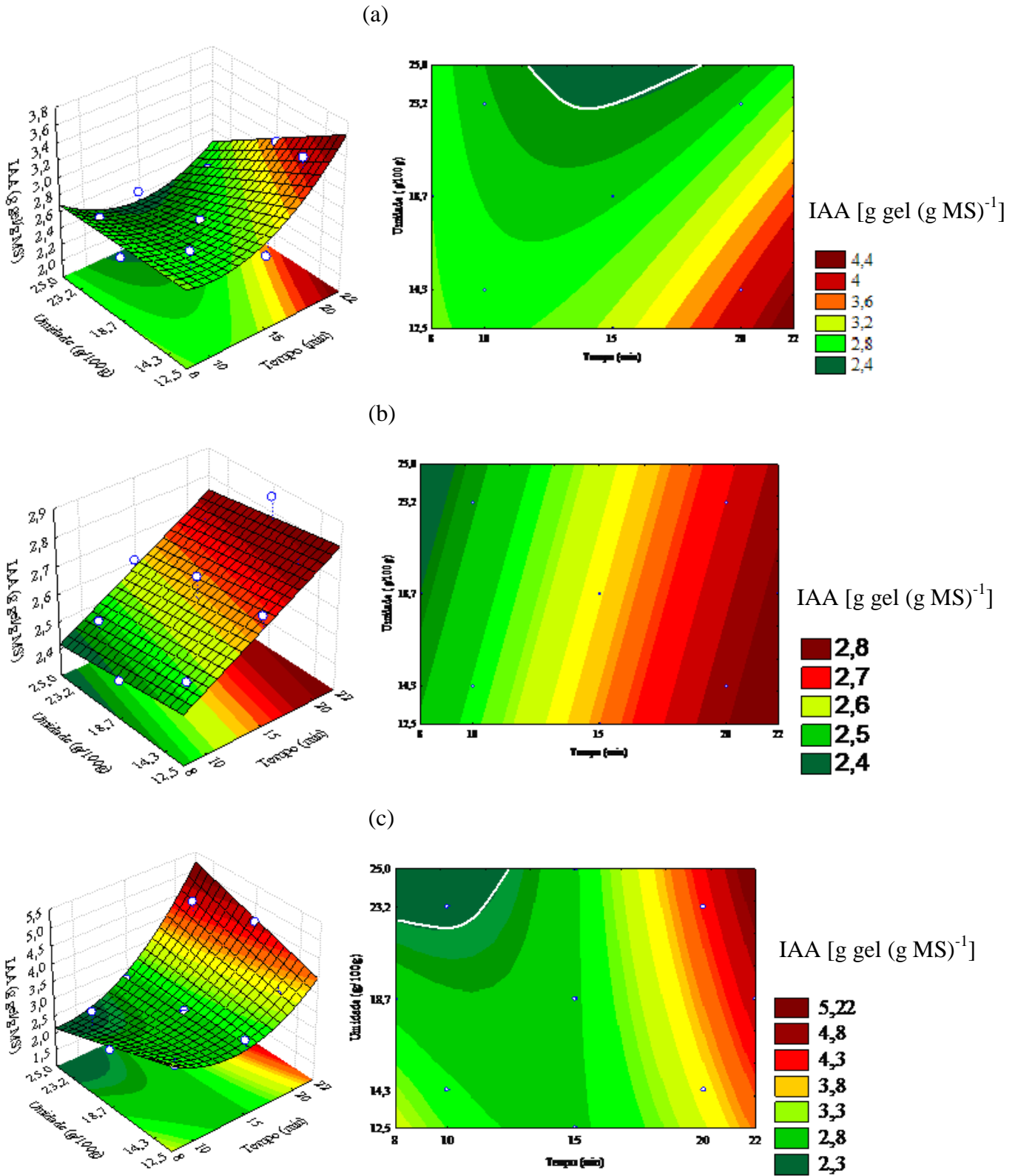


Figura 25. IAA das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c) torradas em micro-ondas, em função das variáveis tempo de torra e umidade.

O efeito linear do tempo de torra foi significativo ($P = 0,0005$), enquanto o efeito linear da umidade não ($P = 0,2865$). Contudo, este foi mantido para melhorar o ajuste do modelo. A Figura 25b foi traçada a partir deste modelo ajustado.

Os menores valores de IAA das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja [$2,4 \text{ g gel (g MS)}^{-1}$] foram observados quando estas foram submetidas aos menores tempos de torra (até 9,5 min) e umidades superiores a $18,7 \text{ g (100g)}^{-1}$. Já os maiores valores [$2,8 \text{ g gel (g MS)}^{-1}$] foram encontrados nas farinhas com tempos de torra acima de 20 min e umidade até $20 \text{ g (100 g)}^{-1}$.

O modelo matemático completo para o IAA das farinhas torradas da cv. IRGA 417 foi significativo ($P = 0,0098$), com coeficiente de determinação de 91,7%, C.V. baixo de 9,27%, e falta de ajuste significativa ($FA = 0,0224$) (Apêndice F4). O modelo matemático ajustado serve somente para verificar a tendência da resposta. Os efeitos do tempo de torra, linear e quadrático, foram significativos ($P = 0,0002$ e $P = 0,0064$, respectivamente). O efeito da interação tempo e umidade foi significativo ($P = 0,0449$). Enquanto os efeitos da umidade, tanto o linear quanto o quadrático, não foram significativos, mas o efeito linear da umidade foi mantido no modelo para melhoria do ajuste. A partir do modelo ajustado para o IAA das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417 (Tabela 18) foram elaborados gráficos de superfície de resposta e curvas de nível (Figura 25c).

Ocorreu aumento do IAA à medida que aumentou o tempo de torra das farinhas de arroz. Similar ao ocorrido com as farinhas de arroz torradas das demais cultivares também existiu uma região com baixos valores de IAA [$2,3 \text{ g gel (g MS)}^{-1}$] para as farinhas da cv. IRGA 417. Esta região ocorreu em umidades acima de $21,7 \text{ g (100 g)}^{-1}$ e nos primeiros tempos de torra (até 12,4 min). Diferindo assim da cv. BRS Primavera que obteve valores próximos destes, mas com farinhas submetidas a tempos de torra intermediários.

A cv. IRGA 417 obteve os maiores valores de IAA [$5,22 \text{ g gel (g MS)}^{-1}$] quando comparadas com as demais farinhas torradas, sendo 15,7% maior que o maior resultado encontrado para amostras da cv. BRS Primavera e 46,36% para a cv. BRS Sertaneja. Estes valores de IAA para cv. IRGA 417 foram encontrados em farinhas submetidas a elevado tempo de torra (acima de 20 min) com umidade superior a $14,3 \text{ g (100 g)}^{-1}$ (Figura 25c).

As farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja (Figura 25b) obtiveram seus maiores valores de IAA [acima de $2,7 \text{ g gel (g MS)}^{-1}$] em tempos de torra mais baixos do que as demais cultivares, sendo a partir dos 16 min de torração com umidade de $12,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$. Já as demais farinhas só

chegaram aos seus maiores valores de IAA quando submetidas a tempos de torra acima de 20 min.

A absorção de água é o resultado, não só do amido gelatinizado, mas também dos componentes insolúveis. Nath e Rao (1981) apud Maia et al. (1999) constataram a existência de uma conformação de proteína, que permite que os sítios ligantes sejam estericamente disponíveis para a interação com as moléculas de água. O impedimento estérico destes sítios resulta em baixos valores de absorção de água. A alta hidrofobicidade superficial das proteínas desnaturadas promove a formação de uma matriz protéica (estabilizada pelas interações hidrofóbicas) capaz de reter quantidade significativa de água na sua estrutura (WAGNER; AÑON, 1990). Assim, nas farinhas torradas pode ter ocorrido desnaturação das proteínas sob alta temperatura, o que também pode justificar IAA elevados nestas farinhas em comparação com as não torradas.

Outro fator que influencia o índice de absorção de água de farinhas é a granulometria das mesmas. Segundo Bär (1984) e Borges et al. (2003), quanto menor a granulometria da farinha, maior é a absorção de água. Contudo isso não foi observado neste estudo, no qual as farinhas mais torradas, e de maior IAA, foram também as de maior granulometria.

A absorção de água por farinhas é uma propriedade relevante para aplicações em produtos cárneos, pães e bolos, pois valores altos da IAA são importantes para ajudar a reter a umidade dos mesmos (MAIA et al., 1999). Desta forma, os valores altos da IAA encontrados nas farinhas torradas em comparação às respectivas farinhas cruas, e destacando a cv. IRGA 417 dentre as torradas, são considerados bastante desejáveis na utilização destes produtos, pois permite a adição de mais água à massa, melhorando suas características de manuseio e evitando o ressecamento do produto durante o armazenamento (CLERICI; EL-DASH, 2008; OLIVEIRA et al., 2009).

Além dos produtos cárneos e de panificação as farinhas com IAA elevado são indicadas como ingrediente de produtos de preparo rápido, pois esses necessitam absorver grande quantidade de água e, geralmente em baixas temperaturas (CLERICI; EL-DASH, 2008).

Para o índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas de torradas da cv. BRS Primavera foi possível verificar pela análise de variância, que o modelo foi significativo ($P = 0,0073$), apresentando 92,65% das respostas explicáveis, com FA significativa (0,0053) e C.V. muito alto (42,88%), podendo ser utilizado somente para verificar a tendência das respostas (Apêndice F5). Os efeitos do tempo de torra foram significativos, linear com $P = 0,0008$ e

quadrático com $P = 0,0041$. O efeito quadrático da umidade não foi considerado no modelo, mas o linear e a interação desta com o tempo, apesar de não significativos ($P = 0,0864$ e $P = 0,1403$, respectivamente) foram mantidos para melhoria do ajuste do modelo. A partir deste modelo ajustado (Tabela 18) foram elaborados gráficos, que apresentam a variação de ISA em função das variáveis independentes (Figura 26a).

Ocorreu no gráfico de curvas de nível uma região na qual o valor de ISA foi nulo (área entre linhas brancas), ou seja, as farinhas de arroz da cv. BRS Primavera torradas em tempos de torra entre 8 min e 12,4 min e com umidade de $12,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ não possuem componentes solúveis. As farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera que obtiveram maiores valores de ISA (5,6%) foram às submetidas a torra acima de 21 min e umidades inferiores a $16,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$ (Figura 26a). Portanto, quanto maior o tempo de torra maior foi o ISA das farinhas da cv. BRS Primavera.

O modelo completo para o ISA das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja não foi significativo ($P = 0,1441$) e apresentou R^2 de 0,7346, coeficiente de variação muito alto (32,25%) e com falta de ajuste não significativa ($FA = 0,0971$) (Apêndice F6). Portanto, o modelo não pode ser utilizado para fins preditivos, somente para verificar a tendência das respostas. O efeito linear do tempo de torra foi significativo ($P = 0,0139$) e os efeitos linear da umidade ($P = 0,0511$) e da interação tempo com umidade ($P = 0,1928$) não foram significativos, porém estes termos foram mantidos no modelo para melhoria do ajuste. A partir deste modelo ajustado (Tabela 18) foram construídos gráficos de superfície de resposta e curvas de níveis, apresentadas na Figura 26b.

A mesma tendência de aumento do ISA com o passar do tempo de torra foi observada nas farinhas da cv. BRS Sertaneja. Analisando-se o gráfico de curvas de nível nota-se que a região com os menores valores de ISA (0,6 %) ocorreu em tempos de torra de até 9 min e umidade abaixo de $24,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$. Os maiores valores do ISA das farinhas de arroz torradas cv. BRS Sertaneja (acima de 2,6 %) aconteceram nos maiores tempos de torra (acima de 20,5 min) e umidade abaixo de $14 \text{ g (100 g)}^{-1}$ (Figura 26b).

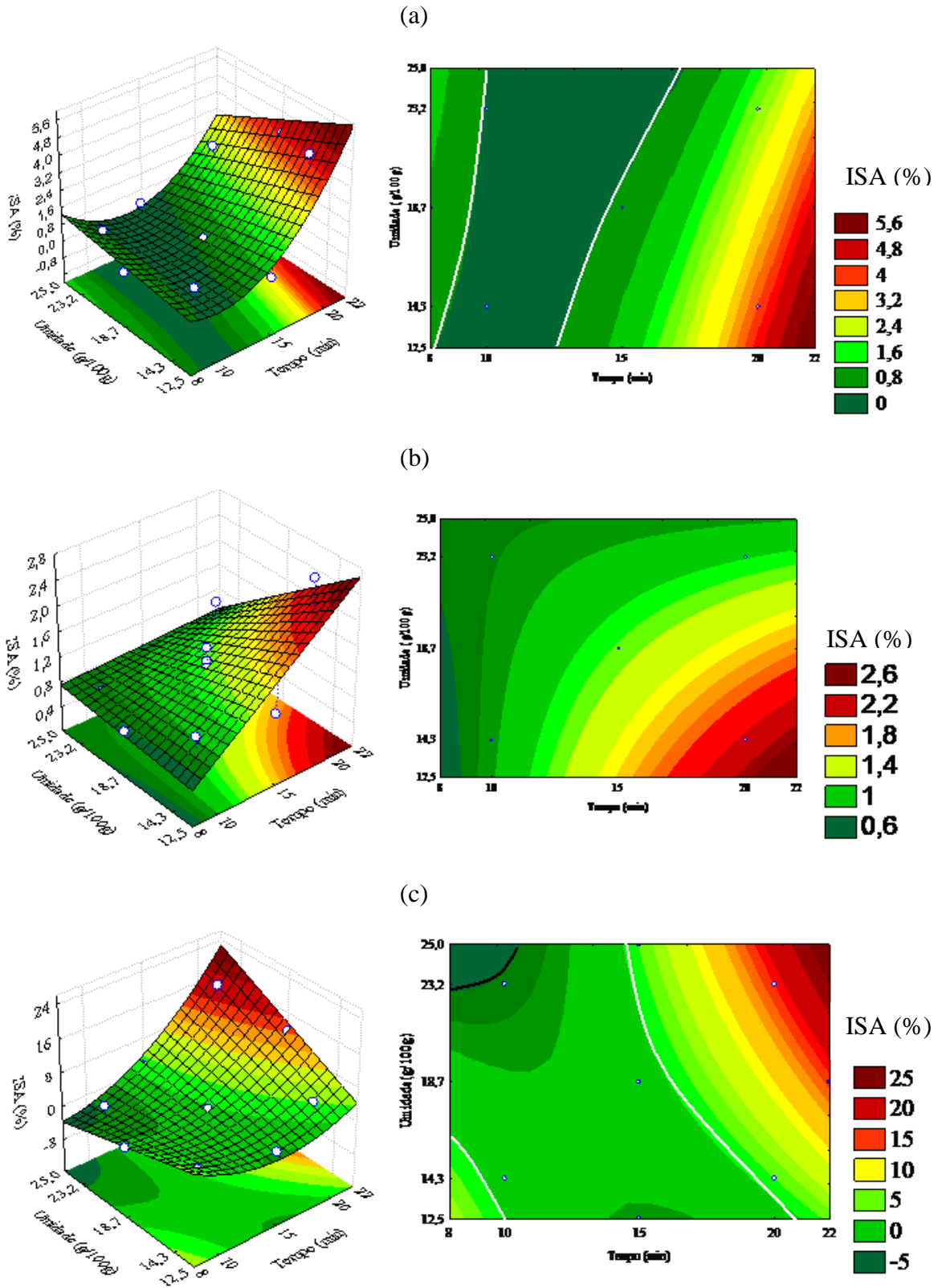


Figura 26. Efeito do tempo de torra e da umidade sobre o ISA das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c).

As farinhas torradas da cv. IRGA 417 obtiveram modelo matemático completo significativo ($P = 0,0098$) para o ISA, com coeficiente de determinação alto (0,9170), C.V. baixo (9,27%) e FA significativa (0,0224), porém esta pode ser considerada aparente, pois o Q.M. do erro experimental foi baixo (0,0032) em relação ao Q.M. da falta de ajuste (0,1413), podendo o modelo ser usado com fins preditivos (WASZCZYNSKYJ; RAO; SILVA, 1981) (Apêndice F7). Os termos significativos no modelo ajustado foram os efeitos linear e quadrático do tempo de torra ($P = 0,0027$ e $P = 0,0387$, respectivamente) e o efeito da interação umidade e tempo ($P = 0,0334$). O efeito linear da umidade, apesar de não significativo ($P = 0,1362$), foi mantido no modelo para melhora do ajuste. A partir do modelo ajustado para o ISA das farinhas torradas da cv. IRGA 417 (Tabela 18) foram elaborados gráficos de superfície de resposta e curva de nível (Figura 26c).

Observou-se uma grande área do gráfico com valor de nulo para o ISA (área entre linhas brancas na Figura 26c). Os valores elevados do ISA (25%) da cv. IRGA 417 foram muito superiores aos obtidos pelas demais cultivares (5,6% e 2,6%, respectivamente para as cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja). Tais valores foram encontrados para as farinhas mais úmidas [umidade acima de $22 \text{ g } (100 \text{ g})^{-1}$], ao contrário das outras cultivares que obtiveram as maiores respostas em valores de umidades mais baixos.

Em trabalho que avaliou farinha de arroz pré-gelatinizada para emprego desta na elaboração de sobremesa Dors, Castiglioni e Augusto-Ruiz (2006) obtiveram valores de ISA de 9,49%, e justificam que esse alto valor, em comparação com as farinhas de arroz cruas (2,10%), pode ser devido à perda da cristalinidade na gelatinização durante o processo de extrusão, ocorrendo alteração na estrutura do grão de amido e maior solubilização deste. Esta justificativa pode ser estendida às farinhas que sofreram torração neste estudo, pois as que sofreram tratamento térmico mais drástico obtiveram maiores valores de ISA.

Segundo Hutt e Campbell (1977) a solubilidade e a absorção em água podem ser relacionadas até certo ponto, talvez até a máxima hidratação, além da qual a solubilidade pode continuar a aumentar, mas a hidratação não. Sendo essa relação observada nas farinhas torradas aqui trabalhadas, pois as farinhas com maior IAA, de maneira geral, também foram as que obtiveram maior ISA. Contudo, também pode ocorrer o contrário, com a absorção em água aumentando a medida que diminui a solubilização das farinhas (CHEFTEL, 1989). Acredita-se

que o ISA também esteja relacionado com a retrogradação da amilose, pois a retrogradação da amilose diminui a solubilidade em água (HIBI, 1994).

5.2.6 Microscopia eletrônica de varredura das farinhas

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) não foi realizada em todas as amostras de farinha de arroz estudadas devido alto custo e complexidade da metodologia. Esta análise foi realizada somente em 10 amostras, conforme sub-item 4.2.7. As micrografias das farinhas cruas de cada uma das cultivares pesquisadas são apresentadas na Figura 27.

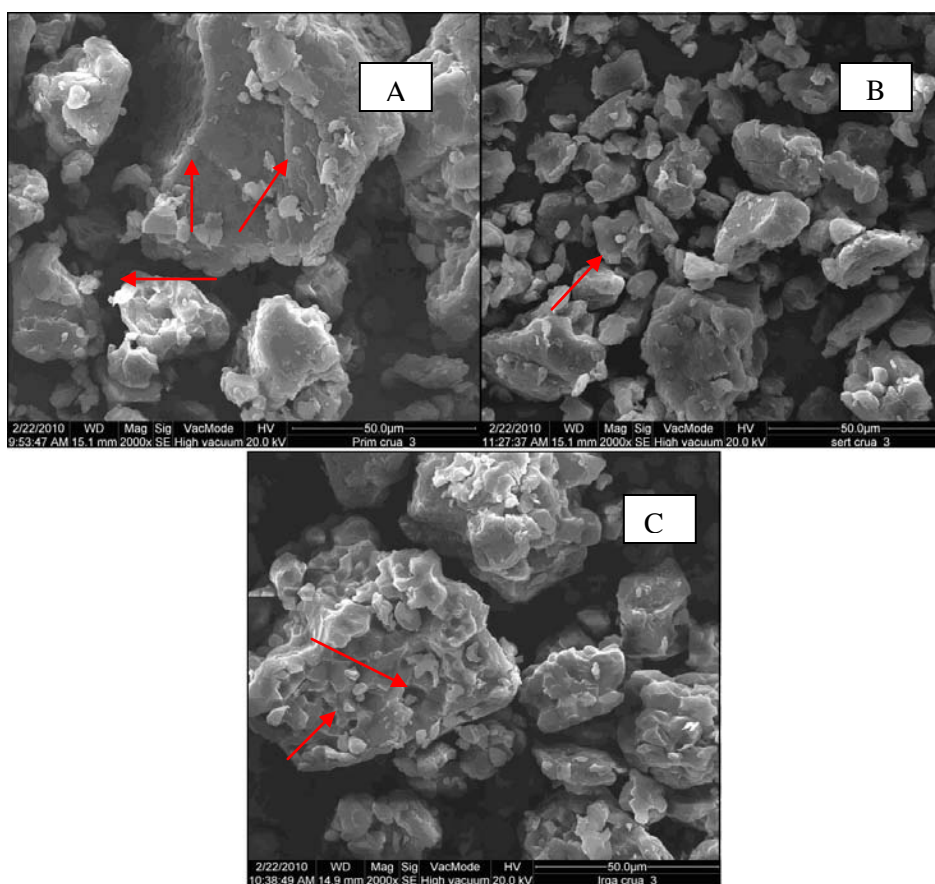


Figura 27. Micrografias eletrônicas de varredura das farinhas de arroz cruas das cvs. BRS Primavera (A), BRS Sertaneja (B) e IRGA 417 (C), visualizadas em aumento de 2000x.

Uma composição heterogênea é observada nas micrografias das farinhas de arroz cruas, apresentando estruturas irregulares com formas indefinidas, rica em material de aspecto esponjoso, com algumas cavidades e falhas estruturais de tamanhos variados. Esses componentes

apresentam-se soltos ou aglomerados, podendo ser identificados alguns grânulos de amido (indicados pelas setas vermelhas na Figura 27), em seus formatos originais e também material não amiláceo, que estão aderidos entre si ou aos grânulos de amido.

Na Figura 28, são apresentadas as MEV das farinhas torradas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja. Na Figura 28A e 28B observa-se que a farinha de arroz torrada da cv. BRS Primavera apresentou aspecto granuloso com os componentes agregados, porém estes possuem contornos irregulares, não sendo possível diferenciar grânulos de amido e material não amiláceo. O mesmo aconteceu para as farinhas de arroz da cv. BRS Sertaneja torradas. Nas Figuras 28A e 28C, observa-se aglomerados com algumas superfícies lisas como também aconteceu nas amostras cruas da Figura 27A e 27B, principalmente na farinha crua da cv. BRS Sertaneja. Isso pode demonstrar que essas farinhas possuem características microscópicas semelhantes às observadas nas farinhas de arroz cruas, justificado por terem sido processadas em tempo e umidade baixos [10 min e 14,3 g (100 g)⁻¹].

Já as farinhas de arroz submetidas ao ensaio 6 [22 min e 18,7 g (100 g)⁻¹], para ambas cultivares, apresentaram glóbulos com superfície mais irregular e muitos orifícios, possivelmente devido uma pequena expansão que pode ter acontecido em suas partículas com o processamento e à agregação irregular de seus componentes, principalmente, durante a fase de umidificação ou devido a desestruturação dos aglomerados da farinha ocorrido com a expulsão da água durante o aquecimento rápido e drástico em micro-ondas (Figura 28B e 28D). Essa última hipótese foi levantada por Santos et al. (2010) em amostras torradas de castanha do Pará.

As farinhas torradas da cv. IRGA 417, para qualquer ensaio analisado, também apresentaram aspecto globuloso, com superfícies cheias de buracos e presença de pequenas partículas, que não podem ser diferenciadas entre os componentes da farinha de arroz .

Comparando as cultivares pesquisadas observa-se que, de um modo geral, as farinhas submetidas ao mesmo tratamento apresentam aspecto parecido. Contudo, entre os ensaios observa-se diferença microscópica entre as farinhas das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja, o mesmo não acontecendo com a cv. IRGA 417, que apresentou semelhanças visuais para todas suas farinhas analisadas.

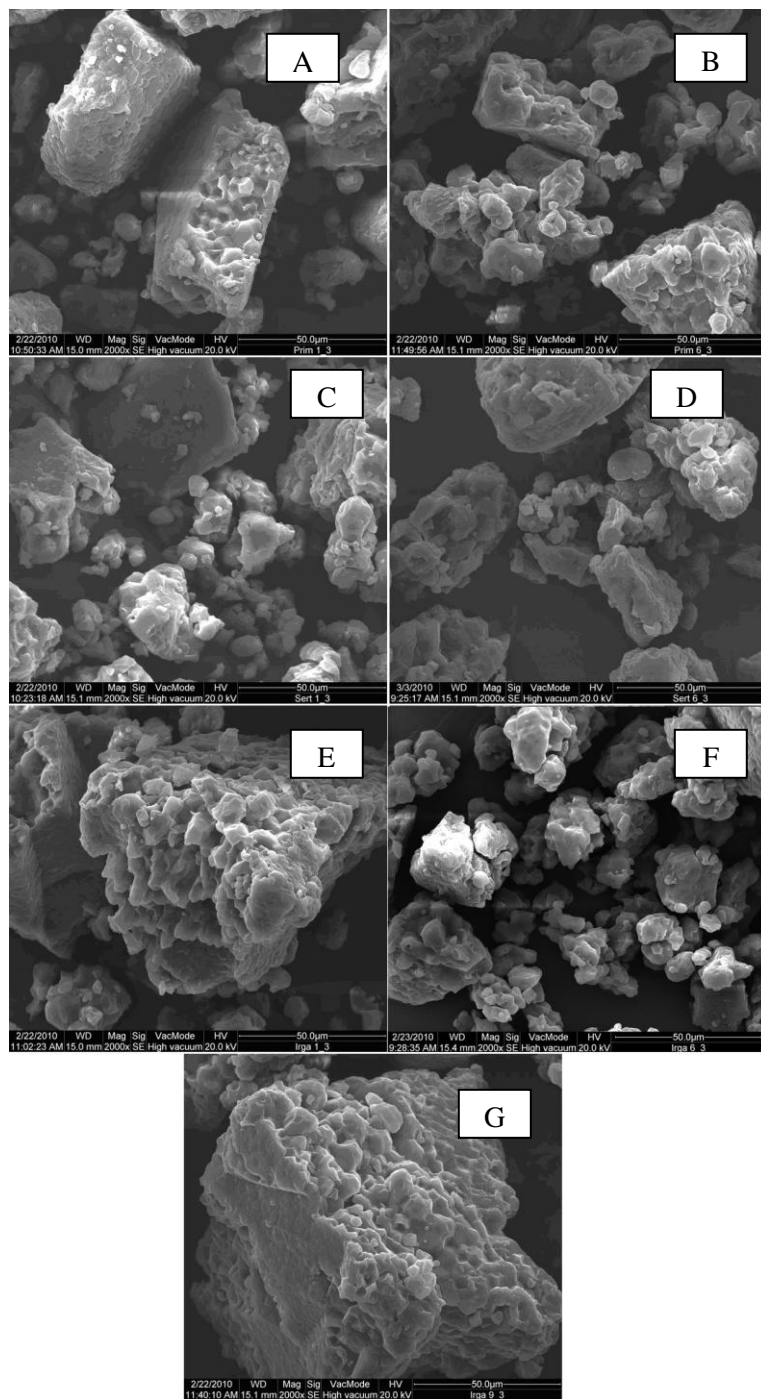


Figura 28. Micrografia eletrônica de varredura das farinhas de arroz torradas. Farinha da cv. BRS Primavera: A) Ensaio 1 e B) Ensaio 6; Farinha da cv. BRS Sertaneja: C) Ensaio 1 e D) Ensaio 6; Farinha da cv. IRGA 417: E) Ensaio 1, F) Ensaio 6 e G) Ensaio 9. Todos com aumento de 2000x. Os ensaios 1 correspondem ao tempo de torra de 10 min e umidade de $14,3 \text{ g (100 g)}^{-1}$, ensaios 6 ao tempo de torra de 22 min e umidade de $18,7 \text{ g (100 g)}^{-1}$ e ensaio 9 ao tempo de torra de 15 min e umidade de $18,7 \text{ g (100 g)}^{-1}$.

As farinhas torradas por 15 e 22 min e umidade $18,7 \text{ g (100 g)}^{-1}$ (Ensaio 6 e 9) apresentaram aspecto globuloso, não fundido, não sendo visualizados grânulos intactos de amido, corroborando assim, com a análise viscoamilográfica, as quais mostram que em tempos de torra elevado ocorreu maior degradação do amido, e possível complexação com os outros componentes da farinha, impedindo assim, a formação de pasta. Na pesquisa de Bonelli et al. (2001), que avaliaram os efeitos da taxa de degradação térmica de cascas de castanhas do Pará, na faixa de temperatura de 25 a 900 °C, os autores concluíram que a torração da casca da castanha levou a mudanças significativas nas propriedades químicas, texturais e características morfológicas, além da formação de microporos na superfície da mesma.

Em trabalho que avaliou o efeito da ensilagem de grãos úmidos de milho destinados a trato bovino sobre as características morfológicas dos grânulos de amido foi constatado que silagens com maior teor de umidade (29,71%) foram mais susceptíveis as mudanças microscópicas, observando que os grânulos de amido apresentavam a camada superficial rompida e ausência de coroa de precipitado protéico (LOPES et al., 2002). Assim, poderia-se supor que farinhas de arroz mais úmidas, como as dos ensaios 6 e 9 que possuíam $18,7 \text{ g (100 g)}^{-1}$, apesar de terem sofrido torra em tempos elevados (22 min) e intermediário (15 min), respectivamente, não foram muito diferentes entre si, e que a umidade ajudou na formação de aglomerados e possíveis junções entre proteína e lipídio.

Segundo Lopes et al. (2002) e Silva et al. (2004), os grânulos de amido de milho submetidos à tratamento com alta umidade (29,71%) e elevação da temperatura sofrem alterações das frações amiláceas. Assim, vários são os fatores que ocorrem durante o processamento de calor úmido e que podem estar envolvidos nas modificações ocorridas nas farinhas aqui trabalhadas, sendo que essas alterações foram mais visíveis à medida que o tratamento ficou mais drástico.

Em trabalho com farinhas de arroz e milho para elaboração de macarrões extrusados foi observado que nas farinhas cruas desses cereais a estrutura do material se apresentava pequena e unida, ao contrário das amostras pré-cozidas, que se apresentam intumescidas e espalhadas, características de produtos gelatinizados (SILVA, 2007). Nota-se na Figura 29, que a morfologia da farinha de arroz extrusada é bem diferente da farinha de arroz torrada desta pesquisa, sendo que os componentes se fundiram formando lâminas com superfícies mais lisas que as observadas nas farinhas de arroz torradas. Quando se observa as curvas viscoamilográficas da Figura 19,

percebe-se que as farinhas torradas não formaram pasta, confirmando os achados microscópicos, visto que a estrutura das farinhas demonstra que não ocorreu gelatinização.

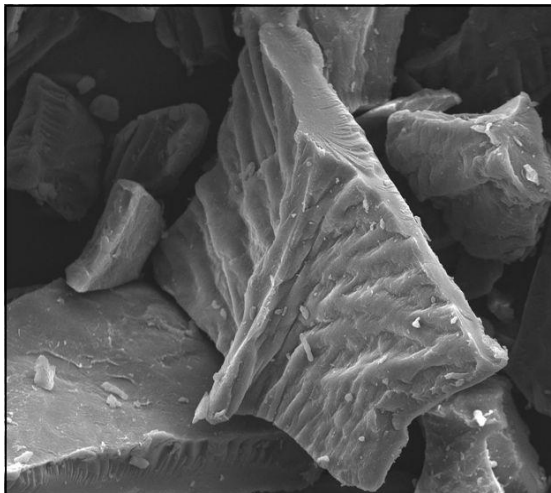


Figura 29. Micrografia eletrônica de varredura de farinha de arroz extrusada da cv. BRS Primavera, com aumento de 1000x (Fonte: arquivo próprio).

5.3 ANÁLISE SENSORIAL DAS FARINHAS TORRADAS

Os provadores levantaram de seis a onze atributos, dentre aparência, aroma, sabor e textura, na caracterização das farinhas torradas. Observou-se que as definições para os atributos foram bem parecidas e em alguns casos idênticas, apesar dos provadores terem tido a liberdade de utilizar os atributos que quisessem. Na Análise de Procustes Generalizada eliminam-se as variações de interpretação dos termos descritivos (DAMÁSIO, 1999).

As porcentagens de explicação do teste de Perfil livre estão apresentadas na Tabela 19, e o consenso da equipe provadora para as amostras em relação aos atributos pesquisados pode ser verificado na Figura 30. Percebe-se na Tabela 19 que a dimensão 1 foi responsável por aproximadamente 81% de explicação, sendo esta associada à torra das amostras. Já a dimensão 2 foi responsável apenas por 2% de variabilidade, sendo esta associada as características próprias da farinha de arroz, tendo pouca importância para a discriminação das amostras, não sendo encontrados atributos com correlação acima de 0,5 para os quais se observasse consenso.

Tabela 19. Porcentagem de explicação bidimensional do teste de Perfil Livre das farinhas torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

DIMENSÃO	EXPLICAÇÃO (%)		
	Consenso	Resíduo	Total
1	80,55	3,72	84,28
2	1,95	1,67	3,62

Pode-se observar também na Tabela 19 que os produtos foram bem caracterizados e o valor total de variância explicado foi alto para dados de Perfil Livre (84%), onde a variabilidade explicada é usualmente menor quando comparada com outros métodos descritivos, pelo menor treinamento dos provadores (CALEGUER; BENASSI, 2007).

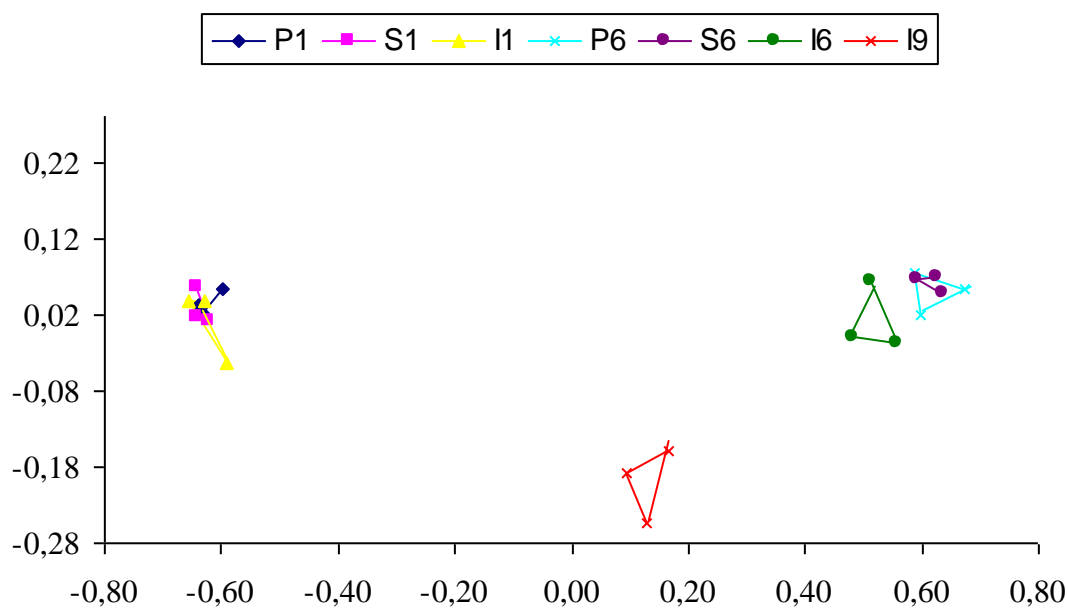


Figura 30. Consenso das amostras das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417 no teste de Perfil Livre.

A partir do gráfico de consenso da equipe percebe-se que a dimensão 1 na direção positiva correlacionou os atributos de cor (marrom, caramelo e castanho), aroma (torrado e/ou queimado) e sabor (amargo, torrado e/ou queimado), sendo estes utilizados por 100% dos provadores do teste. Amostras configuradas mais a direita, que correlacionou atributos de queimado, torrado, cor marrom e granulosidade na aparência e textura, tinham maior tempo de torra (22 min) e

umidade de 18,7 g (100 g)⁻¹. As amostras configuradas mais a esquerda apresentavam tempo de torra menor (10 min) e umidade de 14,3 g (100 g)⁻¹, correlacionando atributos mais característicos de grãos e farinhas de arroz cruas. A farinha da cv. IRGA 417 com tempo de torra e umidade intermediários (ensaio 9) foi alocado no centro do gráfico de consenso, sendo identificada pelos atributos também intermediários entre queimado/torrado e característicos de farinha de arroz crua (Figura 30).

Para quase metade dos provadores (42%) os atributos associados com aroma e sabor característicos de arroz e/ou farinha apresentaram correlação negativa com a dimensão 1. Também uma correlação negativa foi observada para os atributos de aroma e sabor adocicado, sendo utilizados por 33% dos provadores.

A presença de grânulos foi correlacionada de forma positiva com a dimensão 1, tanto para atributos de aparência (granulometria, granulosidade e aparência fibrosa) quanto para os de textura (granulometria, granulosidade, textura fibrosa, textura seca, crocância e presença de grumos). Alguns provadores utilizaram com o mesmo objetivo atributos de uniformidade e homogeneidade, com correlação negativa.

As farinhas do ensaio 1 [10 min de torra e 14,3 g (100 g)⁻¹ de umidade] foram caracterizadas da mesma maneira, apresentando triângulos quase que sobrepostos (Figura 30), significando que este tratamento de umidificação seguido de torra em micro-ondas produziu farinhas torradas semelhantes para as três cultivares. Estas foram descritas como apresentando nenhuma intensidade de cor marrom, caramelo ou castanho, possuindo aroma e sabor característicos de arroz e maior homogeneidade, sem presença de grânulos na aparência e textura. Quando se observa o Apêndice C1 nota-se que as farinhas submetidas ao ensaio 1 apresentaram maior concentração nas peneiras de 106 a 150 µm, que foram também as maiores concentrações das farinhas cruas (Figura 12), confirmando assim a caracterização dada pelos provadores para essas amostras.

As amostras mais a direita do gráfico (farinhas submetidas ao ensaio 6) foram descritas pelos provadores como possuindo cor marrom, caramelo ou castanho intenso, aroma e sabor de torrado e/ou queimada, além de presença de grânulos tanto para aparência quanto para textura. Para esse mesmo ensaio a farinha da cv. IRGA 417 diferenciou-se das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja, conforme observado na Figura 30, por apresentar coloração menos intensa e menor aroma e sabor de queimado que as demais. Contudo, quando se observa os resultados de

cor instrumental das farinhas deste ensaio (Apêndice D1 e D2) a cv. IRGA 417 foi a que apresentou maior escurecimento, diferenciando assim, do resultado sensorial.

Foi observado que quando a torração acontece em menores tempos não são percebidas diferenças sensoriais entre as cultivares, no entanto, à medida que o processo de umidificação e torra ficam mais intensos nota-se diferença entre as cultivares analisadas, destacando a cv. IRGA 417 (Figura 30).

Para avaliar a eficiência da equipe, consideraram-se as configurações dos provadores (Figura 31), as variâncias residuais e a configuração das amostras para cada provador. A configuração da equipe e os valores das variâncias residuais não mostraram comportamentos diferenciados.

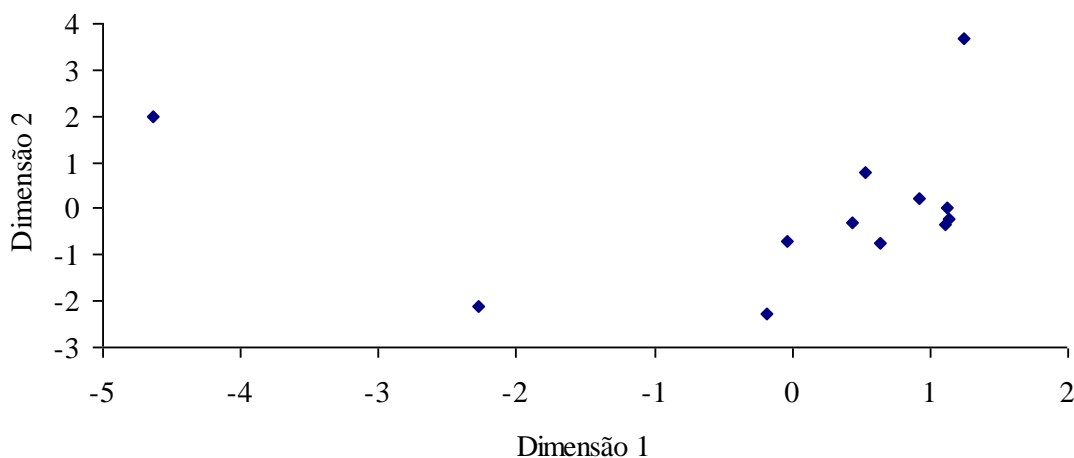


Figura 31. Configuração geral dos provadores do teste de Perfil livre das farinhas torradas.

Considerando os resultados obtidos e apresentados na Figura 31 haveria a possibilidade dos provadores 2, 6, 7 e 11 estarem dificultando o consenso da equipe. Foram analisadas, então, as configurações individuais que forneciam mais informações sobre a repetibilidade do provador, sua capacidade de discriminar as amostras, bem como observar o quanto a percepção diferia do consenso. Observou-se que, no geral, apesar de apresentarem pior repetibilidade em relação ao grupo, esses provadores conseguiam discriminar os produtos, e a configuração individual das amostras era próxima do consenso. Além disso, quando foi reaplicada a Análise Procrustes Generalizada desconsiderando-se o resultado desses provadores, não se observou diferença na

variância explicada e na configuração de consenso, optando-se por manter os resultados de todos os provadores da equipe.

A porcentagem de explicação obtida neste estudo com as duas primeiras dimensões é comparável à obtida em outros trabalhos. Caleguer e Benassi (2007) relataram, ao caracterizar sensorialmente através do teste de Perfil Livre preparados em pó para refresco sabor laranja, um valor de 33% de explicação, utilizando as duas primeiras dimensões, valor baixo, mas com comportamento semelhante ao deste estudo, pois a dimensão 1 (24%) foi a mais importante na discriminação e a dimensão 2 (9%) a menos importante, além de um comportamento semelhante dos provadores.

Veruma-Bernardi e Damásio (2004) avaliaram queijos mozzarella de leite de búfala, sendo a variabilidade consensual explicada entre as amostras para as duas dimensões de 84,98%, valor considerado alto pelos autores e semelhante ao obtido nesta pesquisa. Ao estudar comportamento analítico dos consumidores de duas diferentes localizações (Vienna na Áustria e Dresden na Alemanha) para caracterizar chocolate ao leite, Thamke, Durrschmid e Rohm (2009), relataram que em ambas as localidades conseguiram mais de 80% de explicação, utilizando três dimensões. Portanto, a alta variabilidade consensual explicada nesta pesquisa, assim como em outros trabalhos, é atribuída à alta repetibilidade e consenso entre os provadores.

Comparando os resultados obtidos neste trabalho com a análise sensorial, por teste de Perfil Livre, de farelos de arroz torrados dessas mesmas cultivares aqui pesquisadas, observa-se que também a cv. IRGA 417 foi caracterizada com sabor e aroma menos torrado e/ou queimado em relação às cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja (GARCIA, 2010). Essa autora encontrou diferenciação das cultivares submetidas aos mesmos tratamentos, entretanto, similar ao ocorrido nesta pesquisa foram percebidas diferenças entre os farelos das mesmas cultivares torrados em diferentes tempos. Concluiu-se que o farelo da cv. IRGA 417 submetido a torra de 12 min em micro-ondas, que foi o tempo de torra intermediário analisado, pode ser empregado na fabricação de barras de cereais devido suas características sensoriais.

Em trabalho com mingaus formulados com diferentes proporções de farinhas de arroz e soja desengordurada Wang, Clerici e Sgarbieri (1994) creditaram ao tratamento térmico em micro-ondas, sob frequência de 2450 MHz, a melhoria das características sensoriais das farinhas utilizadas nos mingaus, sendo que estas farinhas foram torradas por 11 e 8 min, respectivamente. Já em trabalhos com irradiação de arroz, Lee (2007) e Zanão et al. (2009) reportam que, embora a

irradiação possa melhorar a vida-de-prateleira do arroz, sua aplicação deve ser limitada porque os consumidores são sensíveis às mudanças das propriedades sensoriais do arroz, tais como sabor, textura e coloração depois da irradiação.

Talvez essas mudanças sensoriais em farinhas de arroz, que podem ser utilizadas como ingredientes e não consumidas *in natura*, possam ser desejáveis e aceitas pelos consumidores ou pela indústria. No caso de farinhas de trigo, os consumidores preferem as farinhas mais claras, que são produzidas, geralmente, de grãos de trigo de textura macia e em geral, com menor força de glúten, mas as farinhas mais escuras podem apresentar qualidade de panificação superior às farinhas com coloração mais claras (ORTOLAN et al., 2006).

Como não foi realizado nenhum teste de aceitação das farinhas torradas não é possível afirmar, mas dependendo do produto em que for empregada supõe-se que as farinhas torradas no ensaio 1 podem ser empregadas no lugar das farinhas de arroz cruas, com o diferencial de serem modificadas quanto as propriedades funcionais, tais como IAA, ISA, viscosidade, dentre outras, podendo obter grande aceitação visto serem parecidas sensorialmente com essas. Já as farinhas submetidas ao maior tempo de torra e também tempo intermediário foram levantados atributos sensoriais que podem ser desejados na indústria de alimentos, tais como, cor caramelo e marrom, diminuindo assim o uso de corantes e outros produtos com esta finalidade. Também a espalhabilidade na boca, a crocância e o aroma de torrado são atributos que foram levantados para essas farinhas e que podem ser desejados nos produtos alimentícios.

Sabe-se que a farinha de arroz é de rápida e fácil digestão, muito superior a de milho, o que a torna especialmente indicada para alimentos infantis, de idosos e pessoas com necessidades especiais de alimentação. Por não conter glúten, pode ser incluída na alimentação de pessoas com doença celíaca, que não podem ingerir farinha de trigo, a qual é rica nesta fração protéica (HEISLER et al., 2008). Segundo Magalhães, Chaves e Nunes (2007) a possibilidade de substituição parcial da farinha de trigo pela de arroz, proporcionaria uma redução da dependência externa do trigo, mas apesar de todos os benefícios socioeconômicos e nutricionais, a utilização da farinha de arroz ainda é modesta.

Considerando a aceitabilidade sensorial e o valor nutricional Heisler, et al. (2008), que avaliaram a viabilidade de substituição total da farinha de trigo pela farinha de arroz na elaboração de cuca de banana, bolo de chocolate e torta salgada, destinados à merenda escolar, constataram que a primeira pode substituir a segunda nos produtos estudados, obtendo 100% de

aceitação por parte das crianças. Magalhães, Chaves e Nunes (2007) também testaram a viabilidade da inserção da farinha de arroz no programa de alimentação escolar, modificando receitas de bolo “nega maluca”, panqueca e pão, obtendo também boa aceitação destes produtos.

O arroz apresenta características que o diferenciam dos outros cereais, por exemplo, o grânulo do amido é pequeno e na farinha encontra-se formando grumos, como observado nos resultados de MEV deste trabalho. Em alguns cultivares o amido apresenta alta temperatura de gelatinização permitindo obter, através de pré-cozimento, diferentes graus de gelatinização. Outra característica favorável para o arroz ser usado na formulação de produtos alimentícios infantis é que permite ser processado termicamente para produzir farinha com textura extremamente suave ou uma textura variando do firme ao seco e do flocoso ao suave e pegajoso (MANS, 1982). Assim, as diferentes farinhas obtidas no processamento empregado nesta pesquisa pode ser utilizado, objetivando a produção de alimentos industrializados, como os produtos infantis ou como ingrediente de alimentos caseiros que também podem ser destinados às crianças e celíacos, como os bolos, panquecas e cucas das pesquisas acima citadas.

6 CONCLUSÕES

- A cv. BRS Sertaneja apresenta maior renda do benefício, enquanto a cv. IRGA 417 é entre as cultivares estudadas aquela que possui maior rendimento de inteiros e grau de polimento. Pode-se sugerir que a cv. BRS Primavera é a mais adequada para a produção de farinha de arroz, enquanto as cvs. BRS Sertaneja e IRGA 417 podem ser destinadas ao consumo *in natura*, visto produzir menor quantidade de grãos quebrados.
- As farinhas de arroz cruas das três cultivares quando comparadas com as farinhas torradas têm maior porcentagem de retenção nas peneiras de malhas mais finas. Mas a análise de módulo de finura (MF) demonstra que mesmo as farinhas torradas apresentam granulometria entre muito fina a média.
- A umidade é a variável que mais influencia na granulometria das farinhas de arroz torradas das diferentes cultivares pesquisadas, com os maiores valores de MF para as farinhas com 23,2 e 25 g (100g)⁻¹ de umidade.
- A cor das farinhas de arroz cruas das três cultivares pesquisadas são significativamente diferentes, apresentando-se claras, com tendência a neutralidade da coordenada de cromaticidade a* e levemente amareladas.
- O processo de torra provoca o escurecimento, avermelhamento e amarelamento das farinhas de arroz torradas.
- Há influência das variáveis de processamento (tempo de torra e da umidificação) em todas as cultivares em relação ao comportamento viscoamilográfico, não havendo formação de pasta para as farinhas de arroz submetidas aos tratamentos drásticos, devido a desorganização, mudanças de estrutura do grânulo de amido e complexação deste com outros componentes da farinha.
- Com o aumento do tempo de torra ocorre aumento do índice de absorção em água (IAA) das farinhas torradas, sendo que a umidade e as diferenças entre as cultivares também são fatores que afetam essa resposta. As farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja apresentam os menores valores de IAA quando comparada com as demais cultivares, mas estas alcançam seus maiores valores já em tempos de torra intermediários.

- As variáveis tempo de torra e umidade afetam o índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas de arroz torradas. A cv. IRGA 417 destaca-se como a cultivar que obteve as maiores respostas.
- As farinhas de arroz cruas apresentam-se microscopicamente soltas com alguns aglomerados, identificando-se alguns grânulos de amido e também material não amiláceo. Farinhas de arroz mais úmidas submetidas a tempos de torra elevados e intermediários não diferem entre si e a variável umidade ajuda na formação dos aglomerados e possíveis junções entre proteína e lipídios.
- A farinha de arroz crua da cv. IRGA 417 é diferente das demais em relação ao conteúdo de umidade, com maior valor deste componente. Nas farinhas torradas a variável tempo de torra influencia o teor de umidade de todas as cultivares, já a variável umidade somente influencia na resposta das farinhas da cv. IRGA 417.
- O conteúdo de cinzas aumenta com o processamento das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja e o de carboidratos para a cv. BRS Sertaneja. Ocorre variação de até 51% quando se compara o conteúdo de cinzas das farinhas de arroz cruas e torradas e para os carboidratos os maiores valores são obtidos com farinhas processadas em maior tempo de torra e com baixa umidade.
- Em relação ao conteúdo de proteína, somente o modelo da cv. BRS Sertaneja é significativo para as variáveis pesquisadas, ocorrendo diminuição desta resposta quando as farinhas de arroz são mais úmidas e mais torradas.
- Ocorre diminuição de lipídios com o processo de umidificação e torração das farinhas de arroz da cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja. Possivelmente pela complexação destes com outros componentes da farinha, tais como a amilose, o que também pode justificar a menor viscosidade observada nas farinhas de arroz mais torradas.
- O teor de amilose das farinhas de arroz torradas diminui quando comparados com os resultados das respectivas farinhas de arroz cruas.
- O teste descritivo de Perfil Livre permite diferenciar as amostras de farinha de arroz torradas, quanto a cultivar e o tempo de torra. As farinhas mais processadas caracterizam-se por aroma e sabor mais intenso de torrado e/ou queimado. A farinha da cv. IRGA 417 com 15 min de torra possui características intermediárias com atributos entre torrado e característico de arroz.

REFERÊNCIAS

AACC- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**. 10 ed., v. 1 e 2. Saint Paul: AACC, 2000.

ABDUL-HAMID, A.; SULAIMAN, R. R. R.; OSMAN, A.; SAARI, N. Preliminary study of the chemical composition of the rice milling fractions stabilized by microwave heating. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n. 7, p. 627-637, 2007.

ADEBOWALE, K. O.; LAWAL, O. S. Microstructure, functional properties and retrogradation behaviour of mucuna bean (*Mucuna pruriens*) starch on heat moisture treatments. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 17, n. 3, p. 265 – 272, 2003.

ALVES, R. M. L.; GROSSMAN, M. V. E.; SILVA, R. S. S. F. Gelling properties of extruded yam (*Discorea alata*) starch. **Food Chemistry**, Londres, v. 67, n. 2, p. 123-127, 1999.

AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz parboilizado**: AMATO, G. W.; ELIAS, M. C. **A parboilização do arroz**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2005. 160p.

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

AMISSAH, J. G. N.; ELLES, W. O.; ODURO, I.; MANFUL, J. T. Nutrient composition of bran from new rice varieties under study in Ghana. **Food Control**, Guildford, v. 14, n. 1, p. 21-24, 2003.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JR. E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v. 14, n. 1, p. 4-12, 1969.

ANDREWS, D. J.; KUMAR, K.A. Pearl millet for food, feed, and forage. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 48, n. 90, p. 89-139, 1992.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of AOAC**. 16. ed., v. 2. Arlingt: AOAC International, 1995.

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.; PEREIRA, J. C. R. Preparo do solo, irrigado por aspersão e rendimento de engenho de arroz de terras altas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, 2002.

AUGUSTO-RUIZ, W.; BONATO, S. R.; ARRIECHE, L. S.; ALVES, F. V. Caracterização da farinha pré-gelatinizada de arroz integral produzida a partir de grãos quebrados. **Vetor**, Rio Grande, v.13, p. 25-46, 2003.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. dos S. Alterações químicas durante a estocagem. In: AZEVEDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. cap. 2, p. 37-64.

BADRIE, N., MELLOWES, W. A. Effect of extrusion variables on cassava extrudates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 5, p. 1334-1337, 1991.

BAO, J.; AO, Z.; JANE, J. Characterization of physical properties of flour and starch obtained from gamma-irradiated white rice. **Starch/Starke**, Weinheim v. 57, n. 10, p. 480-487, 2005.

BAO, J.; KONG, X.; XIE, J.; XU, L. Analysis of genotypic and environmental effects on rice starch. 1. Apparent amylose content, pasting viscosity and gel texture. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washingt, v. 52, n. 19, p. 6010-6016, 2004.

BÄR, W. H. Efeito da granulometria na viscosidade e absorção de água de amostras de farinha de milho. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 109-114, 1984.

BARBOSA, L. N.; GARCIA, L. V.; TOLOTTI, D.; GOELLNER, T.; AUGUSTO-RUIZ, W.; ESPÍRITO SANTO, M. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 2, p. 11-20, 2006.

BARBOZA, A. C. R. N.; CRUZ, C. V. M. S.; GRAZIANI, M. B.; LORENZETTI, M. C. F.; SABADINI, E. Aquecimento em forno de microonda-desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 901-904, 2001.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: UNICAMP, 1995. 299p.

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

BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. Perfil sensorial de vinhos brancos varietais brasileiros através de análise descritiva quantitativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 60-67, 2000.

BENASSI, M. de T., DAMÁSIO, M. H., CECCHI, H. M. Avaliação sensorial de vinhas riesling itálico nacionais utilizando perfil livre. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 265-270, 1998.

- BERTELI, M. N. ; MARSAIOLI, JR., A.. Evaluation of short cut pasta air dehydration assisted by microwaves as compared to the conventional drying process. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 68, p.175-183, 2004.
- BHATTACHARYA, K. R. Breakage of rice during milling; a review. **Tropical Science**, Londres, v. 22, n. 3, p. 225-276, 1980.
- BHATTACHARYA, K.; ZEE, S.Y.; CORKE, H. Physicochemical properties relates to quality of rice noodles. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 6, p. 861-867, 1999.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 223p.
- BONELLI, P. R.; DELLA ROCCA, P. A.; CERRELLA, E. G.; CUKIERMAN, A. L. Effect of pyrolysis temperature on composition, surface properties and thermal degradation rates of Brazil nuts shells. **Bioresource Technology**, Essex, v. 76, n. 1, p. 15-22, 2001
- BORBA, A. M.; SARMENTO, S. B. S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 835-843, 2005.
- BORGES, J. T. da S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físicoquímica de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.
- BORNET, F. Technologie des amidons, digestibilité et effects métaboliques. **Cahiers de Nutrition et de Diététique**, Paris, v. 27, n. 3, p. 170-178, 1992.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters**. New York: John Wiley & Sons, 1978. 653p.
- BRAGANTINI, C. Secagem e beneficiamento de sementes. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos.; SANTA'ANA, E. P. (Eds.). **A cultura do arroz no Brasil**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. cap. 18, p. 516-538.
- BREDIE, W. L. P.; HASSELL, G. M.; GUY, R. C.; MATTRAM, D. S. Aroma characteristics of extruded wheat flour and wheat starch containing added cysteine and reducing sugars. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 25, n. 1, p. 57-63, 1997.
- BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P. Cultivares de arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STE, L. F. (eds). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. 161p.

BRESEGHELLO, F.; MORAES, O. P.; CASTRO, E. M.; PERREIRA, 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. (Comunicado Técnico, 133). 4p.

BRYANT, R. J.; KADAN, R. S.; CHAMPAGNE, E. T.; VINYARD, B. T.; BOYKIN, D. Functional and digestive characteristics of extrudate rice flour. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, n. 78, n. 2, p. 131-137, 2001.

BUFFLER, C. R. **Microwave cooking and processing**: engineering fundamentals for the food scientist. New York: V. N. REINHOLD AVI, 1992. 169p.

CALEGUER, V. D.; BENASSI, M. T. Efeito da adição de polpa, carboximetilcelulose e goma arábica nas características sensoriais e aceitação de preparados em pó para refresco sabor laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 270-277, 2007.

CARVALHO, J. L. V de.; BASSINELLO, P. Z. Aproveitamento industrial. In: SANTOS, A. B.; STE, L. F. VIEIRA, N. R. A. (Ed.) **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 1007-1042.

CARVALHO, J. L. V de.; VIEIRA, N. R. de A. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STE, L. F. VIEIRA, N. R. A. (Ed.) **A cultura do arroz no Brasil**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 582-604.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de mistura de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

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. 30p.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I. M. Amidos Modificados. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. (coord.) **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, cap. 12, p. 246 - 333.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H.; BESANCON, P. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Acribia. 2. ed. Zaragoza, 1992

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. de O.; MATHIAS, E. de A.; RAMOA JÚNIOR, A. G. A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 861-864, 2006.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. de O.; MATHIAS, E. de A.; RAMOA JÚNIOR, A. G. A. Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d'água. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 265-269, 2007.

CHRASIL, J. Correlations between the Physicochemical and Functional Properties of Rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washingt, v. 40, n. 9, p. 1683-1686, 1992.

CHRONAKIS, I. S. On the molecular characteristics, compositional properties and structural-functional mechanisms of maltodextrins – a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Rat, v. 38, n. 7, p. 599-637, 1998.

CHUNG, Y. L.; LAI, H. M. Water-Barrier property of starch films investigated by magnetic resonance imaging. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 82, n. 2, p. 131-137, 2005.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1543-1550, 2008.

CNNPA - Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **Resolução nº 04/88 de 19 de dezembro de 1988**. Brasília, CNNPA, 1988. Anexada ao Decreto no 55.871/65.

CNPPA- Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **Resolução nº 12, de setembro de 1978**. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_farinhas.htm >. Acesso em: 2 mar 2010.

CNNPA - Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **Resolução nº 38/76 de 04 de março de 1976**. Fixa as características de identidade e qualidade a serem atendidas pelos amidos modificados. Brasília, CNNPA, 1976. Disponível em: < <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=16107&word=>> Acesso em: 27 out. 2008.

COCHRAN, W. G; COX, G. M. **Experimental Design**. 2. ed. Wiley Inc., NewYork, 1957. p. 470-476.

COFFMAN, W. R.; JULIANO, B. O. Rice. In: OLSON, R. A.; FREY, K. J. (Ed.) **Nutritional quality of cereal grains: genetic and agronomic improvement**. Madison: American Society of Agronomy, cap. 5, p. 101-131, 1987.

COLONNA, P.; DOUBLIER, J. L.; MELCION, J. P.; MONREDON, F.; MERCIER, C. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. Physical and macromolecular modifications. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 61, n. 6, p. 538-543, 1984.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2009/2010 sexto levantamento, março 2010**. Brasília: Conab, 2010. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6graos_09.03.10.pdf >. Acesso em: 10 mar 2010.

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.

DAMÁSIO, M. H. Análise descritiva: metodologia do Perfil Livre versus metodologias tradicionais. In: ALMEIDA, T. C. A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M. H.; SILVA, M. A. A. P. (Ed). **Avanços em Análise Sensorial**. São Paulo: Livraria Varela, p. 35-48. 1999.

DAMÁSIO, M. H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. **Revista de Agroquímica e Tecnología de Alimentos**, Valência, v. 31, n. 2, p. 165-178, 1991.

DELLA TORRE, J. C. M.; RODAS, M. A. B.; BADOLATO, G. G.; TADINI, C. C. Perfil sensorial e aceitação de suco de laranja pasteurizado minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 105-111, 2003.

DIAS, L. T.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, n. 4, p. 692-700, 2006.

DING, Q. B.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, Barking, v. 66, n. 3, p. 283-289, 2005.

DORS, G. C.; CASTIGLIONI, G. L.; AUGUSTO-RUIZ, W. Utilização da farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 2, p. 63-67, 2006.

EBERHARDT, D. S.; NOLDIN, J. A. Produção orgânica de arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, 7. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2003. v. 2, p. 187-199.

EL-SAIED, H. M.; AHMED, E. A.; ROUSHDI, M.; EL-ATTAR, W. Gelatinization, pasting characteristics and cooking behaviour of Egyptian rice varieties in relation to amylose and protein contents. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 31, n. 8, p. 270-274, 1979.

EMBRAPA. **Composição nutricional do arroz**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/parperfeito/arroz/composicao.htm>>. Acesso em: 22 jan 2010.

EMBRAPA. **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no estado do Tocantins: Safra 2008/2009**. Documento 227, 2008. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_227.pdf>. Acesso em: 20 fev 2010.

FADINI, A. L. **Comparação da eficiência do processo convencional de torração do cacau frente ao processo por micro-ondas**. 1998. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

FAO-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Statistical Databases Agriculture**, 2008. Disponível em: <<http://apps.fao.org/page/collections?subset%40agriculture>>. Acesso em: 05 maio 2009.

FELLOWS, P. J. Aquecimento dielétrico, ôhmico e infravermelho. In: _____. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, cap. 18, p. 377-398.

FERREIRA, C. M.; DEL VILLAR, P. M. Aspectos da produção e do mercado de arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 11-18, 2004.

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.; PINHEIRO, B. da S. Possíveis cenários da produção de arroz no Brasil e no Mercosul. In: CONGRESSO DACDEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, 7. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2003. v. 2, p. 169-185.

FERREIRA, C. M.; YOKOYAMA, L. P. **Cadeia produtiva do arroz na região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Produção de Informações, 1999. 110 p.

FITZGERALD, M. A.; M. MARTIN; WARD, R. M.; PARK, W. D.; SHEAD, H. J. Viscosity of Rice Flour: A Rheological and Biological Study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, East, v. 51, n. 10, p. 2295-2299, 2003.

FONSECA, F. A. **Condições de encharcamento sobre a qualidade de arroz parboilizado cultivado em terras altas**. 2009. 205 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; A SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido** – Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas. Campinas: Fundação Cargill, 2002, v. 1, 204 p.

FUKUOKA, M.; OHTA, K.-I.; WATANABE, H. Determination of the terminal extent of starch gelatinization in a limited water system by DSC. **Journal of Food Engineering**, Essex v. 53, n. 1, p. 39-42, 2002.

GALDEANO, M. C.; GROSSMANN, M. V. E.; MALI, S.; BELLO-PEREZ, L. A. Propriedades físico-químicas do amido de aveia da variedade brasileira IAC 7. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 905-910, 2009.

GARCIA, D. M. **Efeito da época de colheita na qualidade do arroz de terras altas submetido à parboilização**. 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

GARCIA, M. C. **Influência do tempo de torra por micro-ondas nas características sensoriais, físicas e químicas de farelos de cultivares de arroz e sua aplicação em barras de cereais.** 2010. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

GILABERT ESCRIVÁ, M. V.; PEZOA GARCÍA, N. H.; MARSAIOLI JR, A. Comparação das propriedades reológicas da massa de cacau torrada convencionalmente e por micro-ondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, 1998.

GONZALEZ, L.; LIVORE, A.; PONS, B. Physico-chemical and cooking characteristics of some rice varieties. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 1, 2004.

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

GROSSMANN, M. V. E. **Efeito da extrusão termoplástica na gelatinização do amido de mandioca, visando à produção de álcool.** 1986. 124 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1986.

GUEDES, A. M. M.; FARIA, L. J. G. Determinação da constante de secagem de urucum (*bixa orellana* l.) em secador convectivo de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 73-86, 2000.

GUERREIRO, L. M. R. **Avaliação de amidos nativos em condições de estresse adaptados ao processamento de alimentos.** 2002. 180 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

GUHA, M.; ALI, S. Z.; BHATTACHARYA, S. Effect of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyse pasting behaviour of rice extrudate. **International Journal of Food Science and Technology**, Edinburgh, v. 33, n. 3, p. 259-266, 1998.

GUIMARÃES, C. M.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; Sistemas de cultivo. In: SANTOS, A. B.; STE, 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.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. V. C.; 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.

HEISLER, G. E. R.; ANTÔNIO, G. de A.; MOURA, R. S.; MENDONÇA, C. R. B.; GRANADA, G. G. Viabilidade da substituição da farinha de trigo pela farinha de arroz na merenda escolar. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n. 3, p. 299-306, 2008.

HEMAVATHY, J.; BHAT, K.K. Effect of particle size on viscoamylographic behaviour of rice flour and vermicelli quality. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 25, n. 4, p. 469-476, 1994.

HENRIQUE, C. M. **Caracterização de filmes de féculas modificadas de mandioca como subsídios para aplicação em póscolheita de hortícolas**. 2002. 138 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

HERMANSSON, A. M.; SVEGMARK, K. Development in the understanding of starch functionality. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 7, n. 11, p. 345-353, 1996.

HIBI, H. Y. Effect of lipids on the viscoelastic properties of rice starch gel. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 46, n. 2, p. 44-48, 1994.

HOFFPAWER, D. W. New applications for whole rice bran. **Cereal Foods World**. Minneapolis, v. 50, n. 4, p. 173-174, 2005.

HOOVER, R.; MANUEL, H. The effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of normal maize, waxy maize, dull waxy maize and amylo maize V starches. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 23, n. 2, p.153-162, 1996.

HOOVER, R.; VASANTHAN, T. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume, and tuber starches. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 252, p. 33-53, 1994.

HUCHTINGS, J. B. **Food colour and appearance**. Chapman & Hall, 1997, p. 142.

HUNTERLAB. **User's manual with Universal Software Version 3.5**. Rest: HunterLab, 1998.

HUTT, C. W.; CAMPBELL, A. M. Functional properties of a soy concentrate and a soy isolate in simple systems; nitrogen solubility index and water absorption. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, n. 2, p. 454-456, 1977.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. 1018 p.

IRGA - INSTITUTO RIO GRANDENSE DE ARROZ. **Novidades tecnológicas, cultivar IRGA 417**. Porto Alegre, 2009. Disponível em http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=novidades_detalhe&id=16>. Acesso em 17 dez. 2009.

IRGA- Instituto Rio Grandense do Arroz. **Cultivar IRGA 417**. Rio Grande: IRGA. Disponível em: < http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=novidades_detalhe&id=16>. Acesso em: 26 jun 2008.

ITAL- Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Seminário Aromas na indústria de Alimentos**. Campinas: ITAL, 2003.

JACOBS, H.; DELCOUR, J. A. Hydrothermal Modifications of Granular Starch, with Retention of the Granular Structure: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washingt, v. 46, n. 8, p. 2895-2905, 1998.

JULIANO, B. O. Grain structure, composition and consumers' criteria for quality. In: 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: 26 jun 2008.

JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. The rice grain and its gross composition. In: JULIANO, B.O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. 2. ed. Saint Paul: AACC, 1985. cap. 2, p.17-57.

JULIANO, B. O.; CAGAMPANG, G. B.; CRUZ, J. L.; SANTIAGO, R. G. Some physiochemical properties of rice in Southeast Asia. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 41, n. 20, p. 275-286, 1964.

KHUSH, G. Productivity improvements in rice. **Nutrition Reviews**, New York, v. 61, n. 6, p. 114-116, 2003.

KRISHNARAO, V. K.; MUKUND, M. M.; CHAKRABORTY, P. G. I. Direct pyrolysis of raw husks for maximization of silicon carbide whisker formation. **Journal of the American Chemical Society**, Salt Lake City, v. 74, n. 11, p. 2869-2875, 1991.

LACERDA, D. B. C. L.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; SIQUEIRA, B. S.; KOAKUZU, S. N. Qualidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. Caracas, v. 59, n. 2, p. 199-205, 2009.

LAI, H. M. Effects of hydrothermal treatment on the physicochemical properties of pregelatinized rice flour. **Food Chemistry**, Saint Paul, v. 72, n. 4, p. 455-463, 2001.

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

LANNA, A. C.; FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. **Impacto ambiental e econômico da cultura de arroz de terras altas: caso da cultivar BRS Primavera**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. (Comunicado Técnico, 58). 4p. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/comunicadotec/comt_58.pdf> Acesso em: 05 dez 2008.

LEE, J. -W.; OH, S. -H.; KIM, J. -H.; BYUN, E. -H.; KIM, M. R.; BAEK, M.; BYUN, M. -W. The effect of irradiation temperature on the non-enzymatic browning reaction in cooked rice. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 76, n. 5, p. 886-892, 2007.

LEORO, M. G. V. **Desenvolvimento de cereal matinal extrusado orgânico à base de farinha de milho e farelo de maracujá**. 2007. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, 2007.

LEWANDOWICZ G., JANKOWSKI T., FORNAL J. Effect of microwave radiation on physico-chemical properties and structure of cereal starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 42, n. 2, p. 193-199, 2000.

LICCIARD, R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDONÇA, L. M. V. L.; FURTADO, E. F. Avaliação físico-química de cafés torrados e moídos, de diferentes marcas comerciais, da região sul de Minas Gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 425-429, 2005.

LIM, S.-T.; TEE, J.-H.; SHIN, D.-H.; LIM, H. Comparison of protein extraction solutions for rice starch isolation and effects of residual protein content on starch pasting properties. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 51, n. 4, p. 120-125, 1999.

LIMA, G. J. M. M.; MARTINS, R. R.; ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R. **Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz**. Embrapa Suínos e Aves. Disponível em: < [http:// www.cnpa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_n1z78g0d.htm](http://www.cnpa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_n1z78g0d.htm)> Acesso em: 26 jun 2008.

LIMBERGER, V. M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D. L. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 84-88, 2008.

LINKO, P.; COLONNA, P.; MERCIER, C. High-temperature, short-time extrusion cooking. In: POMERANZ, Y. **Advances in cereal science and technology**. Saint Paul: AACC, 1981. v. 4, p.145-235.

LOPES, A. B. R. de C.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; BERTO, D. A. Efeito do processo de ensilagem de grãos úmidos de milho nas características microscópicas do amido **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 5, n. p.177-181, 2002.

LÓPEZ-GALILEA, I.; ANDUEZA, S.; DI LEONARDO, I.; PEÑA, M. P.; CID, C. Influence of torrefacto roast on antioxidant and pro-oxidant activity of coffee. **Food Chemistry**. Londres, v. 94, n. 1, p. 75-80. 2006.

LUMDUNBWONG, N.; SEIB, P.A. Rice starch isolation by alkaline protease digestion of wet-milled rice flour. **Journal of Cereal Science**, Londres. v. 31, n. 1, p. 63-74, 2000.

MACFIE, H. J. H. Assessment of the sensory properties of food. **Nutrition Review**, New York, v. 48, n. 2, p. 87-93, 1990.

MACRITCHIE, F. Fundamentals of dough formation. **Cereal Foods World**. Minneapolis. v. 48, n. 4, p. 173-176, 2003.

MAGALHÃES, A. M. ; CHAVES, R. Q. ; NUNES, T. S. Aspectos legais da adição de farinha de arroz à de trigo: contribuição à análise técnico-econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5, 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2007. CD-ROM.

MAIA, L. H.; WANG, S. H.; ASCHERI, J. L. R.; CABRAL, L. C.; FERNANDES, M. S. Viscosidade de pasta, absorção de água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, 1999.

MALI, S.; SAKANAKA, L. S.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 60, n. 3, p. 283-289, 2005.

MANS, J. Extruders. **Prepared Foods**, Highlands Ranch, v. 11, p.60-63, 1982.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 269, de 17 de novembro de 1988**. Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz. Brasília, 1988. 28 p. Disponível em: <<http://padclassif.tripod.com/padrao/arroz.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2008.

MARTIN, M.; FITZGERALD, M. A. Proteins in rice grains influence cooking properties. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 36, n. 3, p. 285-294, 2002.

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

MASKAN. M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 48, n. 2, p. 169-175, 2001.

MATSUGUMA, L. S.; LACERDA, L. G.; SCHNITZLER, E.; CARVALHO FILHO, M. A. da S.; FRANCO, C. M. L.; DEMIATE, L. S.; LACERDA, L. G.; SCHNITZLER, E.; CARVALHO FILHO, M. A. da S.; FRANCO, C. M. L.; DEMIATE, I. M. Characterization of native and oxidized starches of two varieties of peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza*, B.) from two production areas of Paraná state, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 3, p. 701-713, 2009.

MATUDA, T. G.; ROMEU, C. C.; TAVARES, D. T.; TADINI, C. C. Estudo da influência de emulsificantes sobre os parâmetros de textura da massa congelada de pão francês através de um projeto de mistura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife, **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2004. 1 CD-ROM.

MEDEIROS, M. L.; LANNES, S. C. da S. Avaliação química de substitutos de cacau e estudo sensorial de achocolatados formulados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 247-253, 2009.

MENEZES, V. G.; SILVA, P. R. F.; CARMONA, F. R.; CARLOS, H. M. Interferência do arroz vermelho no rendimento de engenho de cultivares de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 27-30, 1997.

MIRANDA, M. Z. **Efeito do tempo de germinação do trigo e das variáveis de extrusão na qualidade tecnológica e nutricional de farinha integral**. 1998. 216 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

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

MONKS, L. F.; COSTA, C. S.; SOARES, G. J. D. Efeito de micro-ondas na secagem do trigo (*t. Aestivum*, l.) e na qualidade reológica da farinha. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 14, n. 2, p. 219-224, 2003.

MORAIS, O. P.; CASTRO, E. M.; SOUZA, N. R. G.; PRABHU, A. S.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R. **Cultivares de arroz de terras altas para o Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 8 p. (Circular Técnica, 68).

MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods**. Westport: Food e Nutrition Press, 1983, 605p.

MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M.; ANJOS, V. D. A.; MORI, E. E. M; MATTOSO, L. H. C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C. J. F. Influência dos parâmetros de torração nas características físicas, químicas e sensoriais do café arábica puro. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 17-25, 2007.

MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. Sensory evaluation in quality control. New York: Van Nostrand Reeinhold, 1992. 240 p.

NABESHIMA, E. H.; EL-DASH, A. A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, n. 1, p.107-120, 2004.

NASCIMENTO, K. de O.; WANG, S. H.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Propriedades de pasta de farinhas de trigo-soja pré-cozidas por extrusão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.18, n. 4, p. 387-395, 2007.

OLIVEIRA T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. da S.; GERMANI, R.; FONTES, M. P. F. Caracterização do amido de grão-de-bico. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento em Alimentos**, Curitiba, v. 27, n. 1, p. 27-42, 2009.

OP & P PRODUCT REASERCH, **Senstools versão 2.3**. Utrecht; OP&P Product Reaserch, 1995-1998. Conjunto de programas 01CD room.

ORDÓÑEZ, J. A. Utilização de radiações eletromagnéticas na indústria alimentícia-irradiação de alimentos. In: ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1, cap. 9, p. 125-154.

ORTOLAN, F. **Genótipos de trigo do Paraná – safra 2004: Caracterização e fatores relacionados à alteração de cor de farinha.** 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Rurais, Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

OWUSU-ANSAH, Y. J. Advances in microwaves and dielectric drying of foods and ingredients. **Canadian Institute of Science and Technology Journal**, Ottawa, v. 24, n. 3/4, p. 102-107, 1991.

PARK, K. J.; ANTIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem.** 121p. 2007. Disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/concproceqsec_07.pdf>. Acesso em: 27 mar 2010.

PATINDOL, J.; WANG, Y. J.; SIEBENMORGEN, T.; JANE, J. F. Properties of flours and starches as affected by rough rice drying regime. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 80, n. 1, p. 30-34, 2003.

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

PERONI, F. H. G.; ROCHA, T. S.; FRANCO, C. M. L. Some structural and physicochemical characteristics of tuber and root starches. **Food Science and Technology International**, Londres, v. 12, n. 6, p. 505-513, 2006.

PIGGOTT, J. R.; WATSON, M. P. A. Comparison of free-choice profiling and the repertory grid method in the flavor profiling of cider. **Journal of Sensory Studies**, Trumbull, v. 7, n. 2, p. 133-145, 1992.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 467p.

PINHEIRO, B. S. **Qualidade que se põe à mesa.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2005. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/eventosenoticias/anteriores/anteriores2005/050905.htm>> . Acesso em: 28 jun 2008.

POLANCO, I.; MOLINA, M.; PIETRO, G.; CARRACO, S.; LAMA, R. Dieta y enfermedad celíaca. **Alimentaria**, Bogotá, v. 33, n. 264, p. 91-93, 1995.

PONTES, A. E. R. **Desenvolvimento de pão de forma sem adição de açúcares, gorduras e emulsificantes, com o uso de enzimas e amido de mandioca modificado.** 2006. 73 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

PRABHASANKAR, P.; SUDHA, M. L.; RAO, P. Quality characteristics of wheat flour milled streams. **Food Research International**, Barking, v. 33, n. 5, p. 381-386, 2000.

RAMEZANZADEH, F. M.; RAO, R. M.; WINDHAUSER, M.; PRINYAWIWATKUL, W.; TULLEY, R.; MARSHALL, W. E. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, East, v. 47, n. 9, p. 3050-3052, 1999.

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.

RIBEIRO, G. J. T.; SOARES, A. A.; FRAGOSO, F. D.; REIS, M. S.; CORNÉLIO, V. M. O. Avaliação de rendimento de grãos inteiros no beneficiamento de cultivares e linhagens de arroz de terras altas em Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 2.; Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz, 8., 2006, Brasília, DF. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1 CD-ROM. (Documentos, 196).

RING, S. G. Some studies on starch gelation. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 3, n. 1, p. 80-83, 1985.

ROCHA, C. R.; MARSAIOLI JUNIOR, A. Effect of microwave treatment on the gelatinization stage of rice parboiling. In: International Conference on Microwave Chemistry, 1998, Praga. **Anais...** Praga: Institute of Chemical Process Fundamentals-Academy of Sciences of the Czech Republic, 1998. p. 60.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia sequencial de planejamentos**. 1. ed. Campinas: Casa do Pão Editora, 2005. 326p.

RÚA, N. E. R. **Desempenho das escalas híbrida e autoajustável no perfil livre associado a consumidores**. . Campinas. 2003. 174 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SANDHU, K. S.; SINGH, N.; KAUR, M. Characteristics of the different corn types and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological, and rheological properties of starches. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 64, n. 1, p. 119-127, 2004.

SANTOS, A. B.; RABELO, R. R. **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2008. (Documento nº 218). 168 p. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_218.pdf>. Acesso em: 29 jun 2008.

SANTOS, A. P. **Extração e caracterização do amido do fruto-do-lobo (*Solanum lycocarpum* st. hil) e elaboração de filmes biodegradáveis**. Anápolis, 2009. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Moleculares) - Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2009.

SANTOS, O. V.; LOPES, A. S.; AZEVEDO, G. O.; SANTOS, A. C. Processing of flour made of Brazil nut. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.30, n. 1, p. 264-269, 2010.

SEBIO, L.; CHANG, Y. K. Effects of selected process parameters in extrusion of yam flour (*Dioscorea rotundata*) on physicochemical properties of the extrudates. **Food/Nahrung**, Berlim, v. 44, n. 2, p. 96-101, 2000.

SENISE, J. T. A utilização de rádio frequência e micro-ondas na eletrônica industrial. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 51-61, 1985.

SGARBIERI, V. C. Fontes de proteínas na alimentação. In: SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo: Varela, 1996. p.139-257.

SHAMEKH, S.; FORSSELL, P.; POUTANEN, K. Solubility pattern and recrystallization behavior of oat starch. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 46, n. 4, p. 129-133, 1994.

SHENG, D. Y. Rice-based ingredients in cereals and snacks. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 40, n. 8, p. 538-540, 1995.

SHI, C. H.; ZHU, J.; YU, Y. G. Genotype-environment interaction effect and genotypic correlation for nutrient quality traits of indica rice (*Oryza sativa*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 70, p. 85-89, 2000.

SHIH, F.F.; CHAMPAGNE, E.T.; DAIGLE, K.; ZARINS, Z. Use of enzymes in the processing of protein products from rice bran and rice flour. **Food/Nahrung**, Berlim, v. 43, n. 1, p. 14-18, 1999.

SHIMIZU, N.; HAQUE, M. A.; ANDERSSON, M.; KIMURA, T. Measurement and fissuring of rice kernels during quasi-moisture sorption by image analysis. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 48, n. 1, p. 98-103, 2008.

SHIVHARE, U. S.; RAGHAVAN, G. S.; BOSISIO, R. G. Modelling the drying kinetics of maize in a microwave environment. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 57, n. 3, p. 199-205, 1994.

SILVA, E. M. M. **Produção de macarrão pré-cozido à base de farinha mista de arroz e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto Tecnológico, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

SILVA, F. A. **Aplicação de micro-ondas no processo de beneficiamento da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*)**. 2002. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SILVA, J. G.; FONSECA, J. R. **Cultivo do arroz irrigado no estado do Tocantins**. Sistemas de Produção, n. 3. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoTocantins/colheita.htm>>. Acesso em: 08 maio 2008.

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, M. S.; NAVES, M. M. V.; OLIVEIRA, R. B. de; LEITE, O. de S. M. Composição química e valor protéico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 571-576, 2006.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; DELLA MODESTA, R. C. Aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 815-819, 2009.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamento de amêndoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 120-128, 2004.

STE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. Londres. Academic Press, 1985. 311p.

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.

STUTE, R. Hydrothermal modification of starches: the difference between annealing and heat-moisture treatment. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 44, n. 6, p. 205-214, 1992.

SUDHA M. L, VETRIMANI R, LEELAVATHI K. Influence of fiber from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1365-1370, 2004.

TANG, H.; WATANATBE, K.; MITSUNAGA, T. Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 49, n. 1, p. 13-22, 2002.

TEDRUS, G. A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; SPERANZA, S. M.; CHANG, Y. K.; BUSTOS, F. M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 20-25, 2001.

TESTER, R. F.; DEBON, S. J. J.; KARKALAS, J. Annealing of wheat starch. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 28, n. 3, p. 259-272, 1998.

THAMKE, I.; DURRSCHMID, K.; ROHM, H. Sensory description of dark chocolates by consumers. **Food Science and Technology**, Londres, v. 42, n. 2, p. 534-539, 2009.

THARANATHAN, R. N. Starch – value addition by modification. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Rat, v. 45, n. 5, p. 371-384, 2005.

THE SAS SYSTEM for Windows 3.95 – Release 6.08. **SAS Institute, Inc.** Cary, NC, USA, 1992.

THIRÉ, R. M. S. M.; SIMÃO, R. A.; ANDRADE, C. T. High resolution imaging of the microstructure of maize starch films. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 54, n. 2, p. 149-158, 2003.

TORRES, R. L.; GONZÁLES, R. J.; SÁNCHEZ, H. D.; OSELLA, C. A.; TORRES, M. A. G. Comportamiento de variedades de arroz en la elaboración de pan sin gluten. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 9, n. 2, p. 162-165, 1999.

TSAI, M. L.; LI, C. F.; LII, C. Y. Effects of granular structures on the pasting behaviors of starches. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 74, n. 6, p. 750-757, 1997.

UNICAMP - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Tabela brasileira de composição de alimentos, 2006. Disponível em <<http://www.unicamp.br/nepa/taco>>. Acesso em: 16 jun. 2010.

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Tabela de composição química de alimentos. Disponível em: <<http://fcf.usp.br/tabela/>>. Acesso em: 16 jun. 2010.

VANDEPUTTE, G. E.; VERMEYLEN, R.; GEEROMS, J.; DELCOUR, J. A. Rice starches. III. Structural aspects provide insight in amylopectin retrogradation properties and gel texture. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 38, n. 1, p. 61-68, 2003.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; DAMÁSIO, M. H. Análise descritiva de perfil livre em queijo mozzarella de leite de búfala. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v. 24, n. 4, p.536-542, 2004.

VIEIRA, D. C.; BIERHALS, V. da S.; MACHADO, V. G.; DORS, G. C; FAGUNDES, C. A.; FURLONG, E. B. **Estudo de características físico-química de produtos de arroz provenientes de campos experimentais e do comércio da região Sul do RS**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/20070822215830.pdf>>. Acesso em: 02 ago 2008.

VIEIRA, N. R. de A.; CARVALHO, J. L. V. de. Qualidade tecnológica. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANTANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. cap. 21, p. 582-604.

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

VON HIPPEL, A. R. **Dielectric and waves**. 2. ed. Massachusetts: MIT Press, 1995. 284p.

WAGNER, J. R.; AÑON, M. C. Influence of denaturation, hydrophobicity and sulphhydryl content on solubility and water absorbing capacity of soy protein isolates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 3, p. 765-771, 1990.

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

WANG, L., FLORES, R. A. Effects of flour particles size on the textural properties of flour tortilhas. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 31, n. 3, p. 263-272, 2000.

WANG, S. -H.; CLERICI, M. T. P. S.; SGARBIERI, V. C. Características sensoriais e nutricionais de mingau de preparo rápido a base de farinhas de arroz e soja desengordurada e leite em pó. **Alimentos e Nutrição (UNESP)**, São Paulo, v. 5. p. 77-86, 1994.

WANG, Y. -J.; WANG, L.; SHEPHARD, D.; WANG, F.; PATINDOL, J. Properties and structures of flours and starches from whole, broken, and yellowed rice kernels in a model study. **Cereal Chemistry**. Saint Paul, v. 79, n. 3, p. 383-386, 2002.

WASZCZYNSKYJ, N.; RAO, C.S.; DA SILVA, R. S. F. Extraction of proteins from wheat bran: application of carbohydrates. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 58, n. 4, p. 264-266, 1981.

YU, Y.; WANG, J. Effect of γ -ray irradiation on starch granule structure and physicochemical properties of rice. **Food Research International**, Barking, v. 40, n. 2, p. 297-303, 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 Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 46-55, 2009.

ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1996. p. 1-5. (Comunicado técnico, 215).

ZAVAREZE, E. R.; RODRIGUES, A. O.; STORCK, C. R.; ASSIS, L. M.; WALLY, A. P. S.; DIAS, A. R. G. Poder de inchamento e solubilidade de amido de arroz submetido ao tratamento térmico com baixa umidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, II SSA, 2009.

ZHAI, C. K.; LU, C. M.; ZHANG, X. Q. ; SUN, G. J. ; LORENZ, K. J. Comparative study on nutritional value of Chinese and North American wild rice. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 14, n. 4, p. 371-382, 2001.

ZHOU, Z. K.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. **Food Research International**, Barking, v. 36, n. 6, p. 625-634, 2003.

ZLOTORZYNSKI, A. The application of microwave radiation to analytical and environmental chemistry. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, Boca Rat, v. 25, n. 1, p. 43-76, 1995.

ZULETA, A.; DYNER, L.; SAMBUCETTI, M. E.; FRANCISCO, A. Effect of gamma irradiation on the functional and nutritive properties of rice flours from different cultivars. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 83, n. 1, p. 76-79, 2006.

**APÊNDICE A: ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL
E ANÁLISE DE VARIÂNCIA**

Apêndice A1. Composição centesimal, em [g (100 g)⁻¹], das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417*.

Variáveis		Constituintes [g (100 g) ⁻¹]				
Tempo (min)	Umidade [g (100 g) ⁻¹]	Umidade	Cinzas	Proteína	Lipídios	Carboidrato
Cultivar BRS Primavera						
10	14,3	2,06 ± 0,07	0,31 ± 0,01	10,40 ± 0,13	0,25 ± 0,01	89,04 ± 0,12
20	14,3	1,08 ± 0,00	0,33 ± 0,00	10,46 ± 0,10	0,18 ± 0,03	89,04 ± 0,13
10	23,2	2,32 ± 0,01	0,32 ± 0,00	10,52 ± 0,00	0,28 ± 0,05	88,88 ± 0,05
20	23,2	1,80 ± 0,01	0,60 ± 0,03	10,12 ± 0,23	0,17 ± 0,01	89,12 ± 0,27
8	18,7	3,21 ± 0,01	0,31 ± 0,01	9,95 ± 0,23	0,22 ± 0,02	89,53 ± 0,20
22	18,7	1,44 ± 0,01	0,56 ± 0,00	9,86 ± 0,12	0,15 ± 0,01	89,44 ± 0,11
15	12,5	1,88 ± 0,02	0,40 ± 0,00	10,23 ± 0,35	0,29 ± 0,02	89,08 ± 0,37
15	25,0	1,14 ± 0,01	0,50 ± 0,01	9,65 ± 0,12	0,20 ± 0,01	89,65 ± 0,12
15	18,7	1,27 ± 0,06	0,54 ± 0,02	10,57 ± 0,01	0,24 ± 0,04	88,72 ± 0,01
15	18,7	1,91 ± 0,00	0,62 ± 0,03	9,40 ± 0,35	0,16 ± 0,04	89,82 ± 0,34
15	18,7	1,36 ± 0,00	0,41 ± 0,00	9,93 ± 0,24	0,17 ± 0,02	89,20 ± 0,26
Cultivar BRS Sertaneja						
10	14,3	3,49 ± 0,15	0,31 ± 0,00	10,51 ± 0,11	0,09 ± 0,02	89,09 ± 0,09
20	14,3	2,21 ± 0,07	0,31 ± 0,01	10,45 ± 0,01	0,06 ± 0,00	89,18 ± 0,00
10	23,2	4,59 ± 0,11	0,32 ± 0,01	10,89 ± 0,01	0,21 ± 0,05	88,59 ± 0,03
20	23,2	1,32 ± 0,06	0,30 ± 0,00	10,52 ± 0,01	0,29 ± 0,02	88,89 ± 0,01
8	18,7	3,88 ± 0,04	0,31 ± 0,01	10,81 ± 0,00	0,22 ± 0,05	88,66 ± 0,06
22	18,7	1,57 ± 0,01	0,32 ± 0,01	10,55 ± 0,01	0,14 ± 0,02	88,99 ± 0,02
15	12,5	1,45 ± 0,02	0,33 ± 0,00	10,46 ± 0,12	0,21 ± 0,01	88,99 ± 0,12
15	25,0	1,14 ± 0,02	0,34 ± 0,01	10,33 ± 0,24	0,21 ± 0,01	89,11 ± 0,21
15	18,7	2,48 ± 0,04	0,36 ± 0,01	10,82 ± 0,01	0,06 ± 0,02	88,76 ± 0,01
15	18,7	1,66 ± 0,01	0,32 ± 0,00	10,81 ± 0,11	0,07 ± 0,02	88,79 ± 0,10
15	18,7	1,24 ± 0,01	0,33 ± 0,00	10,69 ± 0,00	0,39 ± 0,12	88,91 ± 0,00
Cultivar IRGA 417						
10	14,3	3,45 ± 0,01	0,50 ± 0,01	8,97 ± 0,12	0,36 ± 0,02	90,17 ± 0,13
20	14,3	2,50 ± 0,03	0,46 ± 0,01	9,30 ± 0,23	0,14 ± 0,03	90,10 ± 0,28
10	23,2	2,98 ± 0,01	0,43 ± 0,00	9,18 ± 0,01	0,12 ± 0,02	90,28 ± 0,03
20	23,2	2,77 ± 0,03	0,45 ± 0,02	9,75 ± 0,37	0,05 ± 0,00	89,74 ± 0,38
8	18,7	4,72 ± 0,03	0,40 ± 0,01	9,43 ± 0,12	0,06 ± 0,01	90,10 ± 0,12
22	18,7	1,49 ± 0,07	0,43 ± 0,01	9,12 ± 0,12	0,27 ± 0,06	90,19 ± 0,17
15	12,5	2,99 ± 0,04	0,41 ± 0,01	9,25 ± 0,13	0,26 ± 0,04	90,09 ± 0,19
15	25,0	2,84 ± 0,01	0,42 ± 0,00	9,33 ± 0,01	0,22 ± 0,04	90,03 ± 0,03
15	18,7	2,29 ± 0,05	0,40 ± 0,00	9,27 ± 0,24	0,24 ± 0,04	90,09 ± 0,20
15	18,7	2,06 ± 0,03	0,42 ± 0,00	9,51 ± 0,11	0,29 ± 0,01	89,78 ± 0,11
15	18,7	2,32 ± 0,11	0,41 ± 0,01	9,53 ± 0,13	0,29 ± 0,01	89,76 ± 0,13

*Resultados apresentados em base seca (b.s), exceto para umidade (base úmida).

Apêndice A2. Parâmetros estatísticos da ANOVA e média dos componentes químicos das farinhas de arroz das cvs. BRS Primavera e IRGA 417 que não obtiveram modelos de regressão significativos.

Ensaio	BRS Primavera			IRGA 417		
	Proteína	Carboidrato	Cinzas	Proteína	Lipídios	Carboidrato
1	10,403 ^{ab}	89,043 ^{abc}	0,499 ^a	8,968 ^b	0,362 ^a	90,1700 ^a
2	10,460 ^a	89,036 ^{abc}	0,455 ^b	9,298 ^{ab}	0,143 ^{cde}	90,1023 ^a
3	10,520 ^a	88,801 ^{bc}	0,427 ^{bcd}	9,175 ^{ab}	0,117 ^{de}	90,2807 ^a
4	10,122 ^{abc}	89,107 ^{abc}	0,452 ^{bc}	9,748 ^a	0,055 ^e	89,7447 ^a
5	9,948 ^{abc}	89,528 ^{abc}	0,403 ^d	9,434 ^{ab}	0,065 ^e	90,0980 ^a
6	9,856 ^{abc}	89,437 ^{abc}	0,429 ^{bcd}	9,115 ^{ab}	0,269 ^{abc}	90,1874 ^a
7	10,229 ^{ab}	89,080 ^{abc}	0,409 ^d	9,248 ^{ab}	0,257 ^{abc}	90,0857 ^a
8	9,652 ^{bc}	89,650 ^{ab}	0,418 ^{bcd}	9,331 ^{ab}	0,224 ^{bcd}	90,0263 ^a
9	10,573 ^a	88,723 ^c	0,395 ^d	9,274 ^{ab}	0,237 ^{abcd}	90,0933 ^a
10	9,404 ^c	89,821 ^a	0,420 ^{bcd}	9,510 ^{ab}	0,287 ^{ab}	89,7828 ^a
11	9,927 ^{abc}	89,497 ^{abc}	0,414 ^{cd}	9,535 ^{ab}	0,295 ^{ab}	89,7567 ^a
P	0,0023 ^{**}	0,0056 [*]	0,0001 ^{**}	0,0625 ^{ns}	0,0001 ^{**}	0,2154 ^{ns}
R ²	0,8852	0,8599	0,9480	0,7500	0,9478	0,6467
C.V.	1,9380	0,2262	2,2835	1,9160	15,9092	0,2162

P = probabilidade; R² = Coeficiente de determinação; C.V. = Coeficiente de variação;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A3. Modelo de regressão completo e análise de variância o conteúdo de umidade das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 1,5144 - 0,5017x_1 - 0,0086x_2 + 0,3822x_1^2 + 0,1134x_1x_2 - 0,0278x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,7678					
Coeficiente de variação = 24,0301 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	2,0079	0,5146	5,541	0,0539 ^{ns}
Quadrática	2	0,9368	0,2401	2,585	0,1695 ^{ns}
Interação	1	0,0515	0,0132	0,284	0,6168 ^{ns}
Total da regressão	5	0,9962	0,7678	3,307	0,1076 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,6693	0,2231	1,886	0,3650 ^{ns}
Erro puro	2	0,2366	0,1183		
Total do erro	5	0,9059	0,1812		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	1,5144	0,2457	0,0016	**
X_1	1	-0,5017	0,1507	0,0208	*
X_2	1	-0,0086	0,1507	0,9565	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	0,3822	0,1798	0,0869	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	0,1134	0,2128	0,6168	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	-0,0278	0,1798	0,8834	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A4. Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de umidade das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 1,7892 - 0,9793x_1 - 0,0279x_2 + 0,6943x_1^2 - 0,4968x_1x_2 - 0,0225x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,8153					
Coeficiente de variação = 31,9234 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	7,6561	0,5356	7,249	0,0333 *
Quadrática	2	3,0096	0,2106	2,850	0,1493 ^{ns}
Interação	1	0,9872	0,0691	1,870	0,2298 ^{ns}
Total da regressão	5	10,6529	0,8153	4,413	0,0645 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	1,8415	0,6138	1,537	0,4176 ^{ns}
Erro puro	2	0,7989	0,3994		
Total do erro	5	2,6404	0,5281		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	1,7892	0,4195	0,0080 **	
X_1	1	-0,9793	0,2573	0,0126 *	
X_2	1	-0,0279	0,2573	0,9178 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	0,6943	0,3070	0,0732 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	-0,4968	0,3633	0,2298 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-0,0225	0,3070	0,9444 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A5. Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de umidade das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 2,2223 - 0,7175x_1 - 0,0527x_2 + 0,4199x_1^2 + 0,1859x_1x_2 + 0,3269x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,7852					
Coeficiente de variação = 19,8645 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	4,1283	0,5883	6,848	0,0370 *
Quadrática	2	1,2438	0,1772	2,063	0,2222 ^{ns}
Interação	1	0,1382	0,0197	0,458	0,5284 ^{ns}
Total da regressão	5	5,5102	0,7852	3,656	0,0906 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	1,4685	0,4895	25,360	0,0382 *
Erro puro	2	0,0386	0,0193		
Total do erro	5	1,5071	0,3014		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	2,2223	0,3169	0,0009 **	
X_1	1	-0,7175	0,1944	0,0141 *	
X_2	1	-0,0527	0,1944	0,7973 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	0,4199	0,2319	0,1300 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	0,1859	0,2745	0,5284 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	0,3269	0,2319	0,2178 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A6. Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de cinzas das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 0,5222 + 0,0825x_1 + 0,0541x_2 - 0,0589x_1^2 + 0,0663x_1x_2 - 0,0488x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,7962					
Coeficiente de variação = 17,7137 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,0777	0,5116	6,277	0,0433 *
Quadrática	2	0,0256	0,1688	2,071	0,2213 ^{ns}
Interação	1	0,0176	0,1158	2,842	0,1526 ^{ns}
Total da regressão	5	0,1209	0,7962	3,908	0,0805 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0082	0,0027	0,239	0,8643 ^{ns}
Erro puro	2	0,0228	0,0114		
Total do erro	5	0,0309	0,0062		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	0,5222	0,0454	0,0001	**
X_1	1	0,0825	0,0278	0,0314	*
X_2	1	0,0541	0,0278	0,1097	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	-0,0589	0,0332	0,1361	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	0,0663	0,0393	0,1526	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	-0,0488	0,0332	0,2016	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A7. Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de cinzas das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 0,3385 + 0,0008x_1 + 0,0009x_2 - 0,0163x_1^2 - 0,0048x_1x_2 - 0,0052x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,5638					
Coeficiente de variação = 4,8771 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,0000	0,0046	0,0262	0,9743 ^{ns}
Quadrática	2	0,0015	0,5268	3,020	0,1380 ^{ns}
Interação	1	0,0001	0,0324	0,372	0,5687 ^{ns}
Total da regressão	5	0,0016	0,5638	1,293	0,3925 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0006	0,0002	0,560	0,6917 ^{ns}
Erro puro	2	0,0007	0,0003		
Total do erro	5	0,0012	0,0002		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	0,3385	0,0009	0,0000	**
X ₁	1	0,0008	0,0056	0,8842	^{ns}
X ₂	1	0,0009	0,0056	0,8716	^{ns}
X ₁ *X ₁	1	-0,0163	0,0066	0,0575	^{ns}
X ₂ *X ₁	1	-0,0048	0,0079	0,5687	^{ns}
X ₂ *X ₂	1	-0,0052	0,0066	0,4658	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A8. Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de cinzas das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 0,4095 + 0,0020x_1 - 0,0079x_2 + 0,0142x_1^2 + 0,0170x_1x_2 + 0,0128x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,3763					
Coeficiente de variação = 7,7051 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,0005	0,0614	0,246	0,7909 ^{ns}
Quadrática	2	0,0016	0,1823	0,731	0,5267 ^{ns}
Interação	1	0,0012	0,1326	1,063	0,3497 ^{ns}
Total da regressão	5	0,0033	0,3763	0,603	0,7036 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0051	0,0017	10,451	0,0886 ^{ns}
Erro puro	2	0,0003	0,0002		
Total do erro	5	0,0055	0,0011		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	0,4095	0,0191	0,0000	**
X_1	1	0,0020	0,0117	0,8692	^{ns}
X_2	1	-0,0079	0,0117	0,5269	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	0,0142	0,0139	0,3551	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	0,0170	0,0165	0,3497	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	0,0128	0,0139	0,3999	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A9. Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de proteína das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 9,9649 - 0,0585x_1 - 0,1301x_2 + 0,0837x_1^2 - 0,1150x_1x_2 + 0,1013x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,2026					
Coeficiente de variação = 4,7382 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,1624	0,1131	0,355	0,7178 ^{ns}
Quadrática	2	0,0755	0,0526	0,165	0,8524 ^{ns}
Interação	1	0,0529	0,0368	0,231	0,6511 ^{ns}
Total da regressão	5	0,2908	0,2026	0,254	0,9206 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,4584	0,1528	0,445	0,7466 ^{ns}
Erro puro	2	0,6865	0,3432		
Total do erro	5	1,1449	0,2289		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	9,9649	0,2763	0,0000	**
X_1	1	-0,0585	0,1694	0,7438	^{ns}
X_2	1	-0,1301	0,1694	0,4772	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	0,0837	0,2022	0,6959	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	-0,1150	0,2392	0,6511	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	0,1013	0,2022	0,6374	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A10. Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de proteína das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 10,7729 - 0,0977x_1 + 0,0345x_2 - 0,0327x_1^2 - 0,0768x_1x_2 - 0,1752x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,8088					
Coeficiente de variação = 1,0901 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,0857	0,2443	3,195	0,1277 ^{ns}
Quadrática	2	0,1743	0,4972	6,502	0,0406 *
Interação	1	0,0236	0,0673	1,761	0,2419 ^{ns}
Total da regressão	5	0,2836	0,8088	4,231	0,0697 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.0	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0562	0,0187	3,464	0,2320 ^{ns}
Erro puro	2	0,0108	0,0054		
Total do erro	5	0,0670	0,0134		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	10,7729	0,0668	0,0000	**
X_1	1	-0,0977	0,0409	0,0629	^{ns}
X_2	1	0,0345	0,0409	0,4385	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	-0,0327	0,0489	0,5330	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	-0,0768	0,0579	0,2419	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	-0,1752	0,0489	0,0158	*

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A11. Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de proteína das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 9,4398 + 0,0569x_1 + 0,0972x_2 - 0,0789x_1^2 + 0,0609x_1x_2 - 0,0712x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,3500					
Coeficiente de variação = 2,6546 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,1012	0,2145	0,825	0,4902 ^{ns}
Quadrática	2	0,0491	0,1041	0,400	0,6898 ^{ns}
Interação	1	0,0148	0,0314	0,242	0,6437 ^{ns}
Total da regressão	5	0,1652	0,3500	0,539	0,7433 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,2654	0,0885	4,280	0,1952 ^{ns}
Erro puro	2	0,0413	0,0207		
Total do erro	5	0,3068	0,0613		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	9,4398	0,1430	0,0000	**
X ₁	1	0,0569	0,0877	0,5446	^{ns}
X ₂	1	0,0972	0,0877	0,3182	^{ns}
X ₁ *X ₁	1	-0,0789	0,1046	0,4848	^{ns}
X ₂ *X ₁	1	0,0609	0,1238	0,6437	^{ns}
X ₂ *X ₂	1	-0,0712	0,1046	0,5263	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A12. Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de lipídio das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 0,1666 - 0,0349x_1 - 0,0134x_2 + 0,0104x_1^2 - 0,0100x_1x_2 + 0,0406x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,8512					
Coeficiente de variação = 13,2496 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,0112	0,4568	7,673	0,0299 *
Quadrática	2	0,0092	0,3780	6,349	0,0424 *
Interação	1	0,0004	0,0164	0,549	0,4919 ^{ns}
Total da regressão	5	0,0208	0,8512	5,718	0,0392 *
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0036	0,0012	35,732	0,0273 *
Erro puro	2	0,0001	0,0000		
Total do erro	5	0,0036	0,0007		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	0,1666	0,0156	0,0001	**
X_1	1	-0,0349	0,0095	0,0146	*
X_2	1	-0,0134	0,0095	0,2196	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	0,0104	0,0114	0,4028	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	-0,0100	0,0135	0,4919	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	0,0406	0,0114	0,0162	*

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

^{ns} = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A13. Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de lipídio das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 0,0647 - 0,0093x_1 + 0,0443x_2 + 0,0496x_1^2 + 0,0286x_1x_2 + 0,0649x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,7092					
Coeficiente de variação = 42,8970 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,0163	0,2364	2,032	0,2260 ^{ns}
Quadrática	2	0,0294	0,4253	3,656	0,1051 ^{ns}
Interação	1	0,0033	0,0475	0,816	0,4077 ^{ns}
Total da regressão	5	0,0489	0,7092	2,438	0,1751 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0201	0,0067	3181,8	0,0003 ^{**}
Erro puro	2	0,0000	0,0000		
Total do erro	5	0,0201	0,0040		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	0,0647	0,0366	0,1372 ^{ns}	
X_1	1	-0,0093	0,0224	0,6961 ^{ns}	
X_2	1	0,0443	0,0224	0,1055 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	0,0496	0,0267	0,1232 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	0,0286	0,0317	0,4077 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	0,0649	0,0268	0,0598 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A14. Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de lipídio das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 0,2729 + 0,0009x_1 - 0,0477x_2 - 0,0621x_1^2 + 0,0392x_1x_2 - 0,0247x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,4562					
Coeficiente de variação = 49,9523 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,0182	0,1796	0,826	0,4899 ^{ns}
Quadrática	2	0,0218	0,2158	0,992	0,4336 ^{ns}
Interação	1	0,0061	0,0608	0,559	0,4883 ^{ns}
Total da regressão	5	0,0462	0,4562	0,839	0,5740 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0531	0,0177	17,990	0,0531 ^{ns}
Erro puro	2	0,0019	0,0009		
Total do erro	5	0,0550	0,0110		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	0,2729	0,0606	0,0064	**
X_1	1	0,0009	0,0371	0,9822	^{ns}
X_2	1	-0,0477	0,0371	0,2551	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	-0,0621	0,0443	0,2204	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	0,0392	0,0525	0,4883	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	-0,0247	0,0443	0,6018	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A15. Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de carboidrato das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 89,3483 + 0,0129x_1 + 0,0895x_2 - 0,0338x_1^2 + 0,0575x_1x_2 + 0,0942x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,1056					
Coeficiente de variação = 0,5226 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,0652	0,0536	0,150	0,8646 ^{ns}
Quadrática	2	0,0499	0,0411	0,115	0,8938 ^{ns}
Interação	1	0,0132	0,0109	0,0608	0,8150 ^{ns}
Total da regressão	5	0,1284	0,1056	0,118	0,9825 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,4474	0,1491	0,466	0,7362 ^{ns}
Erro puro	2	0,6403	0,3201		
Total do erro	5	1,0877	0,2175		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	89,3483	0,2693	0,0000	**
X_1	1	0,0129	0,1651	0,9406	^{ns}
X_2	1	0,0895	0,1651	0,6112	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	-0,0338	0,1970	0,8704	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	0,0575	0,2332	0,8150	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	-0,0942	0,1971	0,6528	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A16. Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de carboidrato das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 88,8241 + 0,1062x_1 - 0,0797x_2 - 0,0006x_1^2 + 0,0530x_1x_2 + 0,1155x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,6438					
Coeficiente de variação = 0,1810 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,1407	0,3872	2,717	0,1589 ^{ns}
Quadrática	2	0,0819	0,2257	1,584	0,2932 ^{ns}
Interação	1	0,0112	0,0309	0,434	0,5391 ^{ns}
Total da regressão	5	0,2339	0,6438	1,807	0,2659 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,1165	0,0388	6,036	0,1454 ^{ns}
Erro puro	2	0,0129	0,0064		
Total do erro	5	0,1294	0,0259		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	88,8241	0,0929	0,0000	**
X_1	1	0,1062	0,0569	0,1213	^{ns}
X_2	1	-0,0797	0,0569	0,2205	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	-0,0006	0,0679	0,9931	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	0,0530	0,0805	0,5391	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	0,1155	0,0679	0,1499	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice A17. Modelo de regressão completo e análise de variância para o conteúdo de carboidrato das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 89,8777 - 0,0599x_1 - 0,0415x_2 + 0,1267x_1^2 - 0,1171x_1x_2 + 0,0831x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,5861					
Coeficiente de variação = 0,1867 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,0423	0,1240	0,749	0,5195 ^{ns}
Quadrática	2	0,1029	0,3016	1,821	0,2546 ^{ns}
Interação	1	0,0548	0,1605	1,939	0,2225 ^{ns}
Total da regressão	5	0,2001	0,5861	1,416	0,3560 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0712	0,0237	0,677	0,6425 ^{ns}
Erro puro	2	0,0701	0,0351		
Total do erro	5	0,1413	0,0283		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	89,8777	0,0971	0,0000	**
X_1	1	-0,0599	0,0595	0,3606	^{ns}
X_2	1	-0,0415	0,0595	0,5170	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	0,1267	0,0710	0,1346	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	-0,1171	0,0840	0,2225	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	0,0831	0,0710	0,2949	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

APÊNDICE B: TEOR DE AMILOSE E ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Apêndice B1. Teor de amilose, em porcentagem (%), das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (min) e umidade [g (100 g)^{-1}].

ENSAIO	VARIÁVEIS		TEOR DE AMILOSE (%)*		
	Tempo (min)	Umidade [g (100 g)^{-1}]	BRS Primavera	BRS Sertaneja	IRGA 417
1	10	14,3	25,90 ± 0,25	25,87 ± 0,10	27,46 ± 0,45
2	20	14,3	23,47 ± 0,40	25,13 ± 0,05	27,42 ± 0,70
3	10	23,2	25,97 ± 0,45	24,77 ± 0,05	29,72 ± 0,65
4	20	23,2	23,92 ± 0,05	24,95 ± 0,60	19,15 ± 0,10
5	8	18,7	25,51 ± 0,10	25,48 ± 0,25	27,10 ± 0,55
6	22	18,7	22,33 ± 0,40	23,11 ± 0,00	22,09 ± 0,45
7	15	12,5	25,13 ± 0,25	26,57 ± 0,10	27,35 ± 0,50
8	15	25,0	25,83 ± 0,55	25,97 ± 0,35	27,74 ± 0,65
9	15	18,7	25,66 ± 0,50	26,26 ± 0,05	28,41 ± 0,20
10	15	18,7	25,51 ± 0,10	27,00 ± 0,70	28,91 ± 0,40
11	15	18,7	26,12 ± 0,05	26,33 ± 0,65	28,94 ± 0,35

*Resultados representam a média de duas determinações ± desvio-padrão;

Apêndice B2. Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de amilose (TA) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 26,1575 - 1,2755x_1 + 0,1907x_2 - 0,8036x_1^2 + 0,1243x_1x_2 - 0,1205x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9894					
Coeficiente de variação = 0,7493 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	13,2659	0,7710	181,9	0,0000 **
Quadrática	2	3,6970	0,2149	50,687	0,0005 **
Interação	1	0,0618	0,0036	1,696	0,2496 ^{ns}
Total da regressão	5	17,0248	0,9894	93,365	0,0001 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0296	0,0099	0,129	0,9345 ^{ns}
Erro puro	2	0,1527	0,0764		
Total do erro	5	0,1823	0,0365		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	26,1575	0,1102	0,0000 **	
X_1	1	-1,2755	0,0676	0,0000 **	
X_2	1	0,1907	0,0676	0,0371 *	
$X_1 * X_1$	1	-0,8036	0,0807	0,0002 **	
$X_2 * X_1$	1	0,1243	0,0955	0,2496 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-0,1205	0,0807	0,1955 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice B3. Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de amilose (TA) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 27,0116 - 0,7598x_1 - 0,2789x_2 - 0,9806x_1^2 + 0,1072x_1x_2 - 0,1623x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9031					
Coeficiente de variação = 1,8340 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	5,2259	0,4390	11,331	0,0139 *
Quadrática	2	5,4795	0,4603	11,881	0,0126 *
Interação	1	0,0460	0,0039	0,200	0,6738 ^{ns}
Total da regressão	5	10,7514	0,9031	9,325	0,0142 *
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,8248	0,2749	1,676	0,3949 ^{ns}
Erro puro	2	0,3281	0,1640		
Total do erro	5	1,1529	0,2306		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	27,0116	0,2772	0,0000 **	
X_1	1	-0,7598	0,1700	0,0066 **	
X_2	1	-0,2789	0,1700	0,1618 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	-0,9806	0,2029	0,0047 **	
$X_2 * X_1$	1	0,1072	0,2401	0,6738 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-0,1623	0,2029	0,4601 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice B4. Modelo de regressão completo e análise de variância para o teor de amilose (TA) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 29,4078 - 2,4755x_1 - 0,7187x_2 - 2,0404x_1^2 - 2,6545x_1x_2 - 0,5613x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9390					
Coeficiente de variação = 4,2338 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	52,9984	0,4762	19,518	0,0043 **
Quadrática	2	23,3278	0,2096	8,591	0,0241 *
Interação	1	28,1850	0,2532	20,760	0,0061 **
Total da regressão	5	104,5113	0,9390	15,396	0,0047 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	6,6188	2,2063	26,028	0,0372 *
Erro puro	2	0,1695	0,0848		
Total do erro	5	6,7883	1,3577		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	29,4078	0,6727	0,0000 **	
X_1	1	-2,4755	0,4126	0,0018 *	
X_2	1	-0,7187	0,4126	0,1420 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	-2,0404	0,4923	0,0090 **	
$X_2 * X_1$	1	-2,6545	0,5826	0,0061 **	
$X_2 * X_2$	1	-0,5613	0,4923	0,3058 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

ANÁLISE C: GRANULOMÉTRICA E MÓDULO DE FINURA

Apêndice C1. Granulometria, em porcentagem (%), das farinhas torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

CV.	Variáveis		Porcentagem de material retido por peneira					Fundo
	Tempo (min)	Umidade (g/100g)	600 µm	250 µm	150 µm	106 µm	75 µm	
BRS PRIMAVERA	10	14,3	9,0	8,2	24,8	19,0	16,5	22,0
	20	14,3	8,6	7,6	23,0	21,8	22,6	16,0
	10	23,2	26,7	15,2	19,9	15,4	11,2	10,9
	20	23,2	25,6	15,6	19,7	15,7	10,4	12,9
	8	18,7	19,0	10,4	22,5	18,8	13,5	14,8
	22	18,7	18,1	9,5	22,5	22,1	13,2	14,2
	15	12,5	3,7	5,0	22,1	23,6	19,6	25,3
	15	25,0	26,7	14,3	20,0	15,6	11,5	11,0
	15	18,7	17,8	10,0	19,0	19,0	15,0	18,0
	15	18,7	15,9	12,0	21,9	18,9	12,9	18,0
BRS SERTANEJA	10	14,3	7,8	9,4	24,8	21,8	16,0	19,0
	20	14,3	8,3	8,2	24,5	22,9	15,9	19,1
	10	23,2	26,8	15,1	20,9	15,9	10,6	9,8
	20	23,2	27,3	16,0	21,2	14,9	9,1	10,8
	8	18,7	19,5	13,9	23,2	16,8	12,3	14,0
	22	18,7	19,9	13,0	21,9	17,7	12,9	13,9
	15	12,5	6,7	7,8	25,6	22,7	21,8	15,0
	15	25,0	32,5	17,4	19,6	8,0	11,1	10,5
	15	18,7	21,0	14,8	18,9	17,6	12,9	14,6
	15	18,7	22,8	12,4	21,9	16,1	11,7	13,1
IRGA 417	10	14,3	8,0	7,1	25,8	27,2	7,3	15,7
	20	14,3	7,4	5,6	23,6	25,6	21,7	14,8
	10	23,2	29,9	13,6	19,2	15,3	12,6	9,0
	20	23,2	25,0	12,2	36,1	14,1	7,1	4,8
	8	18,7	16,6	8,4	37,6	9,9	13,9	12,3
	22	18,7	17,4	9,0	28,0	21,3	12,2	11,8
	15	12,5	3,6	3,0	24,8	25,7	24,4	16,4
	15	25,0	29,0	12,8	20,5	14,9	10,7	10,8
	15	18,7	15,9	7,0	21,8	21,9	17,0	15,6
	15	18,7	15,6	8,5	23,7	20,1	16,6	15,1
15	18,7	18,6	8,9	23,2	19,0	14,8	15,0	

Apêndice C2. Módulo de finura (MF) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417.

Ensaio	VARIÁVEIS		MÓDULO DE FINURA		
	Tempo (min)	Umidade [g (100 g) ⁻¹]	BRS Primavera	BRS Sertaneja	IRGA 417
1	10	14,3	2,08	2,10	2,27
2	20	14,3	2,11	2,10	2,07
3	10	23,2	2,98	3,02	3,03
4	20	23,2	2,91	3,04	3,03
5	8	18,7	2,58	2,71	2,67
6	22	18,7	2,53	2,67	2,60
7	15	12,5	1,96	2,09	1,91
8	15	25,0	2,97	3,23	2,99
9	15	18,7	2,40	2,72	2,38
10	15	18,7	2,45	2,76	2,45
11	15	18,7	2,49	2,74	2,55

Apêndice C3. Modelo de regressão completo e análise de variância do módulo de finura das farinhas torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 2,4466 - 0,0138x_1 + 0,3917x_2 + 0,0569x_1^2 - 0,0250x_1x_2 - 0,0116x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9895					
Coeficiente de variação = 2,06 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	1,2252	0,9729	230,7	0,0000 **
Quadrática	2	0,0183	0,0145	3,446	0,1146 ^{ns}
Interação	1	0,0025	0,0020	0,941	0,3765 ^{ns}
Total da regressão	5	1,2459	0,9895	93,828	0,0001 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0092	0,0031	1,510	0,4221 ^{ns}
Erro puro	2	0,0041	0,0020		
Total do erro	5	0,0133	0,0027		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	2,4466	0,0297	0,0000 **	
X ₁	1	-0,0138	0,0182	0,4820 ^{ns}	
X ₂	1	0,3917	0,0182	0,0000 **	
X ₁ *X ₁	1	0,0569	0,0218	0,0474 *	
X ₂ *X ₁	1	-0,0250	0,0258	0,3765 ^{ns}	
X ₂ *X ₂	1	-0,0116	0,0218	0,6153 ^{ns}	

Apêndice C4. Modelo de regressão completo e análise de variância do módulo de finura das farinhas torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 2,7404 - 0,0046x_1 + 0,4347x_2 - 0,0529x_1^2 - 0,0050x_1x_2 - 0,0680x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9792					
Coeficiente de variação = 3,05 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	1,5075	0,9584	115,0	0,0001 **
Quadrática	2	0,0326	0,0207	2,489	0,1777 ^{ns}
Interação	1	0,0001	0,0001	0,0153	0,9065 ^{ns}
Total da regressão	5	1,5402	0,9792	46,992	0,0003 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0319	0,0106	26,647	0,0364 *
Erro puro	2	0,0008	0,0004		
Total do erro	5	0,0328	0,0065		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	2,7404	0,0467	0,0000 **	
X_1	1	-0,0046	0,0287	0,8798 ^{ns}	
X_2	1	0,4347	0,0287	0,0000 **	
$X_1 * X_1$	1	-0,0529	0,0342	0,1824 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	-0,0050	0,0404	0,9065 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-0,0680	0,0342	0,1034 ^{ns}	

Apêndice C5: Modelo de regressão completo e análise de variância do módulo de finura das farinhas torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 83,5149 - 10,7489x_1 + 2,2690x_2 - 3,0312x_1^2 - 0,0750x_1x_2 - 0,4659x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9813					
Coeficiente de variação = 2,88 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	1,3296	0,9313	124,3	0,0001 **
Quadrática	2	0,0614	0,0430	5,740	0,0507 ^{ns}
Interação	1	0,0100	0,0070	1,870	0,2297 ^{ns}
Total da regressão	5	1,4009	0,9813	52,405	0,0003 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0121	0,0040	0,554	0,6942 ^{ns}
Erro puro	2	0,0146	0,0073		
Total do erro	5	0,0267	0,0053		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	2,4597	0,0422	0,0000 **	
X_1	1	-0,0374	0,0259	0,2077 ^{ns}	
X_2	1	0,4065	0,0259	0,0000 **	
$X_1 * X_1$	1	0,1025	0,0309	0,0211 *	
$X_2 * X_1$	1	0,0500	0,0366	0,2297 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	0,0094	0,0309	0,7727 ^{ns}	

**APÊNDICE D: PARÂMETROS INSTRUMENTAIS DE COR
E ANÁLISE DE VARIÂNCIA**

Apêndice D1. Parâmetros instrumentais de cor das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (min) e umidade [g (100 g)⁻¹].

CV.	Ensaio	Variáveis		Parâmetros de cor**		
		Tempo	Umidade	L*	a*	b*
BRS PRIMAVERA	1	10	14,3	90,98 ± 0,12	0,06 ± 0,04	10,20 ± 0,34
	2	20	14,3	67,53 ± 0,46	8,12 ± 0,20	23,74 ± 0,34
	3	10	23,2	91,43 ± 0,07	-0,36 ± 0,03	7,65 ± 0,18
	4	20	23,2	67,68 ± 0,30	8,84 ± 0,26	25,76 ± 0,61
	5	8	18,7	91,77 ± 0,17	-0,37 ± 0,05	7,19 ± 0,21
	6	22	18,7	64,44 ± 0,34	9,19 ± 0,17	25,09 ± 0,40
	7	15	12,5	77,00 ± 0,29	5,86 ± 0,14	22,49 ± 0,41
	8	15	25,0	89,41 ± 0,42	0,22 ± 0,04	12,58 ± 0,50
	9	15	18,7	85,57 ± 0,44	2,42 ± 0,17	17,96 ± 0,77
	10	15	18,7	83,98 ± 0,27	2,91 ± 0,08	18,86 ± 0,34
	11	15	18,7	80,98 ± 0,09	4,53 ± 0,06	21,35 ± 0,39
BRS SERTANEJA	1	10	14,3	90,81 ± 0,20	-0,18 ± 0,02	8,17 ± 0,24
	2	20	14,3	71,69 ± 0,36	7,20 ± 0,20	23,41 ± 0,49
	3	10	23,2	90,32 ± 0,25	-0,13 ± 0,05	8,15 ± 0,24
	4	20	23,2	76,28 ± 0,38	5,65 ± 0,16	22,75 ± 0,71
	5	8	18,7	91,11 ± 0,14	-0,21 ± 0,04	7,33 ± 0,12
	6	22	18,7	62,97 ± 0,52	9,27 ± 0,19	24,46 ± 0,54
	7	15	12,5	83,34 ± 0,16	2,90 ± 0,05	17,22 ± 0,46
	8	15	25,0	87,85 ± 0,31	0,69 ± 0,11	14,54 ± 0,62
	9	15	18,7	87,18 ± 0,74	1,14 ± 0,07	15,05 ± 0,63
	10	15	18,7	85,12 ± 0,21	2,15 ± 0,06	15,82 ± 0,42
	11	15	18,7	86,62 ± 0,28	1,85 ± 0,10	15,66 ± 0,62
IRGA 417	1	10	14,3	91,29 ± 0,13	-0,19 ± 0,02	8,04 ± 0,21
	2	20	14,3	70,28 ± 0,29	7,37 ± 0,20	23,37 ± 0,48
	3	10	23,2	91,28 ± 0,12	-0,41 ± 0,02	7,16 ± 0,11
	4	20	23,2	49,90 ± 0,72	9,21 ± 0,17	18,51 ± 0,58
	5	8	18,7	91,65 ± 0,26	-0,36 ± 0,03	6,72 ± 0,07
	6	22	18,7	57,35 ± 0,52	9,35 ± 0,28	22,26 ± 0,41
	7	15	12,5	76,93 ± 0,23	5,52 ± 0,09	21,61 ± 0,28
	8	15	25,0	77,30 ± 0,27	5,63 ± 0,11	23,40 ± 0,23
	9	15	18,7	81,47 ± 0,37	3,98 ± 0,11	20,49 ± 0,18
	10	15	18,7	83,52 ± 0,17	3,06 ± 0,07	19,28 ± 0,27
	11	15	18,7	79,49 ± 0,18	4,88 ± 0,07	21,89 ± 0,24

CV.: cultivar; L*: luminosidade (100 = claro; 0 = escuro); a* (-) verde, vermelho (+) e b* (-) azul, amarelo (+).

** Resultados representam a médias de 10 determinações ± desvios-padrão.

Apêndice D2. Farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera (a), BRS Sertaneja (b) e IRGA 417 (c). Ensaios 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11, respectivamente, sendo de cima para baixo e da esquerda para direita.

(a)



(b)



(c)



Apêndice D3. Modelo de regressão completo e análise de variância da luminosidade (L^*) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 83,5149 - 10,7489x_1 + 2,2690x_2 - 3,0312x_1^2 - 0,0750x_1x_2 - 0,4659x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9453					
Coeficiente de variação = 4,23 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	962,6242	0,8963	40,941	0,0008 **
Quadrática	2	52,5358	0,0489	2,234	0,2026 ^{ns}
Interação	1	0,0225	0,0000	0,002	0,9668 ^{ns}
Total da regressão	5	1015,1824	0,9453	17,270	0,0036 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	47,9162	15,9721	2,940	0,2640 ^{ns}
Erro puro	2	10,8654	5,4327		
Total do erro	5	58,7817	11,7563		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	83,5149	1,9796	0,0000 **	
X_1	1	-10,7489	1,2140	0,0003 **	
X_2	1	2,2690	1,2140	0,1206 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	-3,0312	1,4487	0,0906 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	-0,0750	1,7144	0,9668 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-0,4659	1,4487	0,7607 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice D4. Modelo de regressão completo e análise de variância da luminosidade (L^*) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 86,3027 - 9,1318x_1 + 1,3113x_2 - 4,4108x_1^2 - 1,2700x_1x_2 - 0,1077x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9870					
Coeficiente de variação = 1,7497 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	678,8545	0,8347	160,8	0,0000 **
Quadrática	2	117,4701	0,1444	27,833	0,0020 **
Interação	1	6,4516	0,0079	3,057	0,1408 ^{ns}
Total da regressão	5	802,7763	0,9870	76,083	0,0001 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	8,2823	2,7608	2,433	0,3046 ^{ns}
Erro puro	2	2,2691	1,1345		
Total do erro	5	10,5514	2,1103		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	86,3027	0,8387	0,0000 **	
X_1	1	-9,1318	0,5144	0,0000 **	
X_2	1	1,3113	0,5144	0,0513 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	-4,4108	0,6138	0,0008 **	
$X_2 * X_1$	1	1,2700	0,7263	0,1408 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-0,1077	0,6138	0,8676 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice D5. Modelo de regressão completo e análise de variância da luminosidade (L^*) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 81,4937 - 13,8854x_1 - 2,49090x_2 - 3,5394x_1^2 - 5,0925x_1x_2 - 2,2241x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9536					
Coeficiente de variação = 5,3695 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	1587,3444	0,8552	46,052	0,0006 **
Quadrática	2	78,8842	0,0425	2,289	0,1969 ^{ns}
Interação	1	103,7342	0,0559	6,019	0,0577 ^{ns}
Total da regressão	5	1769,9628	0,9536	20,540	0,0024 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	78,0498	26,0166	6,407	0,1380 ^{ns}
Erro puro	2	8,1213	4,0606		
Total do erro	5	86,1711	17,2342		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob >	 T
Média	1	81,4937	2,3968	0,0000	**
X_1	1	-13,8854	1,4699	0,0002	**
X_2	1	-2,4909	1,4699	0,1509	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	-3,5394	1,7540	0,0996	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	-5,0925	2,0757	0,0577	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	-2,2241	1,7540	0,2606	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice D6. Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade a^* das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 3,2849 + 3,8539x_1 - 0,9594x_2 + 0,6759x_1^2 + 0,2850x_1x_2 - 0,0132x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9077					
Coeficiente de variação = 43,0040 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	125,8096	0,8855	23,990	0,0027 **
Quadrática	2	2,8294	0,0199	0,540	0,6135 ^{ns}
Interação	1	0,3249	0,0023	0,124	0,7392 ^{ns}
Total da regressão	5	128,9639	0,9077	9,837	0,0127 *
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	10,6717	3,5572	2,917	0,2656 ^{ns}
Erro puro	2	2,4389	1,2194		
Total do erro	5	13,1106	2,6221		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	3,2849	0,9349	0,0170 *	
X_1	1	3,8539	0,5736	0,0011 **	
X_2	1	-0,9594	0,5736	0,1551 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	0,6759	0,6842	0,3686 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	0,2850	0,8096	0,7392 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-0,0132	0,6842	0,9853 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice D7. Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade a^* das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 1,7135 + 3,3257x_1 - 0,5787x_2 + 1,4076x_1^2 - 0,4000x_1x_2 + 0,0319x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9915					
Coeficiente de variação = 15,2495 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	90,8928	0,8707	257,1	0,0000 **
Quadrática	2	11,9746	0,1147	33,866	0,0012 **
Interação	1	0,6400	0,0061	3,620	0,1155 ^{ns}
Total da regressão	5	103,5074	0,9915	117,1	0,0000 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,3459	0,1153	0,429	0,7552 ^{ns}
Erro puro	2	0,5381	0,2690		
Total do erro	5	0,8839	0,1768		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob >	T
Média	1	1,7135	0,2428	0,0009 **	
X_1	1	3,3257	0,1489	0,0000 **	
X_2	1	-0,5787	0,1489	0,0116 *	
$X_1 * X_1$	1	1,4076	0,1776	0,0005 **	
$X_2 * X_1$	1	-0,4000	0,2102	0,1155 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	0,0319	0,1776	0,8645 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice D8. Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade a^* das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 3,9775 + 3,8704x_1 + 0,2225x_2 - 0,0028x_1^2 + 0,5150x_1x_2 + 0,5404 x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9568					
Coeficiente de variação = 24,1166 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	119,8786	0,9345	54,033	0,0004 **
Quadrática	2	1,7931	0,0140	0,808	0,4964 ^{ns}
Interação	1	1,0609	0,0083	0,956	0,3730 ^{ns}
Total da regressão	5	122,7323	0,9568	22,128	0,0020 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	3,8903	1,2968	1,566	0,4126 ^{ns}
Erro puro	2	1,6563	0,8281		
Total do erro	5	5,5465	1,1093		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob >	 T
Média	1	3,9775	0,6081	0,0013	**
X_1	1	3,8704	0,3729	0,0001	**
X_2	1	0,2225	0,3729	0,5767	^{ns}
$X_1 * X_1$	1	-0,0028	0,4450	0,9952	^{ns}
$X_2 * X_1$	1	0,5150	0,5266	0,3730	^{ns}
$X_2 * X_2$	1	0,5404	0,4450	0,2788	^{ns}

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice D9. Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade b^* das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 19,3899 + 7,1323x_1 - 1,8183x_2 - 1,6308x_1^2 + 1,1425x_1x_2 - 0,9292x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9305					
Coeficiente de variação = 14,8407 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	423,1228	0,8867	31,910	0,0014 **
Quadrática	2	16,1607	0,0332	1,193	0,3770 ^{ns}
Interação	1	5,2212	0,0107	0,771	0,4201 ^{ns}
Total da regressão	5	453,5047	0,9305	13,396	0,0064 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	27,6875	9,2292	2,993	0,2604 ^{ns}
Erro puro	2	6,1674	3,0837		
Total do erro	5	33,8549	6,7709		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	19,3899	1,5023	0,0000 **	
X_1	1	7,1323	0,9214	0,0006 **	
X_2	1	-1,8183	0,9214	0,1055 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	-1,6308	1,0994	0,1981 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	1,1425	1,3010	0,4201 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-0,9292	1,0994	0,4366 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice D10. Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade b^* das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 15,5111 + 6,7693x_1 - 0,5590x_2 + 0,1253x_1^2 - 0,1600x_1x_2 + 0,1177x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9852					
Coeficiente de variação = 6,6961 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	367,9894	0,9846	166,8	0,0000 **
Quadrática	2	0,1283	0,0003	0,058	0,9441 ^{ns}
Interação	1	0,1024	0,0003	0,093	0,7729 ^{ns}
Total da regressão	5	368,2201	0,9852	66,742	0,0001 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	5,1869	1,7289	10,472	0,0884 ^{ns}
Erro puro	2	0,3303	0,1651		
Total do erro	5	5,5171	1,1034		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob >	 T
Média		15,5111	0,6065	0,0000 **	
X_1		6,7693	0,3719	0,0000 **	
X_2		-0,5590	0,3719	0,1932 ^{ns}	
$X_1 * X_1$		0,1253	0,4438	0,7891 ^{ns}	
$X_2 * X_1$		-0,1600	0,5252	0,7729 ^{ns}	
$X_2 * X_2$		0,1177	0,4438	0,8014 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice D11. Modelo de regressão completo e análise de variância da coordenada de cromaticidade b^* das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 20,5700 + 6,0920x_1 - 0,4032x_2 - 4,1183x_1^2 - 0,9950x_1x_2 - 0,0868x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,8899					
Coeficiente de variação = 18,0409 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	297,3179	0,6551	14,879	0,0078 **
Quadrática	2	102,5927	0,2261	5,134	0,0614 ^{ns}
Interação	1	3,9601	0,0087	0,396	0,5566 ^{ns}
Total da regressão	5	403,8708	0,8899	8,084	0,0193 *
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	46,5452	15,5151	9,094	0,1007 ^{ns}
Erro puro	2	3,4121	1,7060		
Total do erro	5	49,9573	9,9915		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	20,5700	1,8249	0,0001 **	
X_1	1	6,0920	1,1192	0,0028 **	
X_2	1	-0,4032	1,1192	0,7334 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	-4,1183	1,3355	0,0274 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	-0,9950	1,5805	0,5566 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-0,0868	1,3355	0,9507 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

APÊNDICE E: ANÁLISE VISCOAMILOGRÁFICA E ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Apêndice E1. Análise viscoamilográfica das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes tempo de torra (min) e umidade [g (100 g)^{-1}].

CV.	Variáveis		Análise Viscoamilográfica (cP)			
	Tempo	Umidade	Viscosidade máxima	Quebra da viscosidade*	Viscosidade final	Tendência à retrogradação**
BRS PRIMAVERA	10	14,3	347	10	535	188
	20	14,3	32	9	33	1
	10	23,2	715	13	1199	484
	20	23,2	36	10	35	-1
	8	18,7	994	55	1690	696
	22	18,7	95	33	62	-33
	15	12,5	62	10	67	5
	15	25,0	251	1	346	95
	15	18,7	45	6	71	26
	15	18,7	107	7	77	-30
BRS SERTANEJA	15	18,7	22	8	31	9
	10	14,3	830	49	1532	702
	20	14,3	30	15	25	-5
	10	23,2	1123	88	2007	884
	20	23,2	57	11	62	5
	8	18,7	1352	232	2336	984
	22	18,7	34	17	28	-6
	15	12,5	127	6	174	47
	15	25,0	245	9	353	108
	15	18,7	118	2	183	65
IRGA 417	15	18,7	87	2	150	63
	15	18,7	148	2	197	49
	10	14,3	883	-4	1319	436
	20	14,3	63	24	43	-20
	10	23,2	1326	0	1890	564
	20	23,2	38	25	16	-22
	8	18,7	1891	-1	3167	1276
	22	18,7	51	30	25	-26
	15	12,5	84	23	65	-19
	15	25,0	60	7	68	8
15	18,7	63	7	63	0	
15	18,7	79	3	95	16	
15	18,7	44	9	41	3	

*Quebra da viscosidade = *breakdown*

**Tendência à retrogradação = *setback*

Apêndice E2. Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade máxima (Pico) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 58,2767 - 283,5423x_1 + 80,0494x_2 + 217,0254x_1^2 - 91,0000x_1x_2 + 31,8643x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9764					
Coeficiente de variação = 28,5925 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	692367	0,6618	69,973	0,0002 **
Quadrática	2	295914	0,2829	29,906	0,0017 **
Interação	1	33124	0,0317	6,695	0,0490 *
Total da regressão	5	1021405	0,9764	41,291	0,0005 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	20871	6956,9684	3,599	0,2250 ^{ns}
Erro puro	2	3866,0000	1933,0000		
Total do erro	5	24737	4947,3811		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	58,2767	40,6089	0,2107 ^{ns}	
X_1	1	-283,5423	24,9052	0,0001 **	
X_2	1	80,0494	24,9052	0,0236 *	
$X_1 * X_1$	1	227,0255	29,7184	0,0006 **	
$X_2 * X_1$	1	-91,0000	35,1688	0,0490 **	
$X_2 * X_2$	1	31,8643	29,7184	0,3326 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E3. Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade máxima (Pico) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 117,3947 - 466,9366x_1 + 60,9789x_2 + 306,7706x_1^2 - 66,5000x_1x_2 + 51,7533x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9940					
Coeficiente de variação = 14,0791 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	1768708	0,7570	313,3	0,0000 **
Quadrática	2	535842	0,2293	94,916	0,0001 **
Interação	1	17689	0,0076	6,267	0,0543 ^{ns}
Total da regressão	5	2322239	0,9940	164,5	0,000 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	12253	4084,3152	4,390	0,1911 ^{ns}
Erro puro	2	1860,6667	930,3333		
Total do erro	5	14114	2822,7224		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	117,3947	30,6738	0,0123 *	
X ₁	1	-466,9366	18,8120	0,0000 **	
X ₂	1	60,9789	18,8120	0,0229 *	
X ₁ *X ₁	1	306,7706	22,4477	0,0000 **	
X ₂ *X ₁	1	-66,5000	26,5646	0,0543 ^{ns}	
X ₂ *X ₂	1	51,7533	22,4477	0,0693 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E4. Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade máxima (Pico) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 61,7888 - 589,5339x_1 + 48,1633x_2 + 470,7182x_1^2 - 117,0000x_1x_2 + 18,5277x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9851					
Coeficiente de variação = 26,9724 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	2790821	0,6588	110,5	0,0001 **
Quadrática	2	1327359	0,3133	52,577	0,0004 **
Interação	1	54756	0,0129	4,338	0,0917 ^{ns}
Total da regressão	5	4172935	0,9851	66,116	0,0001 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	62501	20834	67,862	0,0146 *
Erro puro	2	614,0000	307,0000		
Total do erro	5	63115	12623		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	61,7888	64,8659	0,3846 ^{ns}	
X_1	1	-589,5339	39,7818	0,0000 **	
X_2	1	48,1633	39,7818	0,2801 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	470,7182	47,4700	0,0002 **	
$X_2 * X_1$	1	-117,0000	56,1762	0,0917 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	18,5277	47,4700	0,7124 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E5. Modelo de regressão completo e análise de variância para a quebra da viscosidade (*breakdown*) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 18,7233 - 4,3906x_1 - 1,0895x_2 + 9,1211x_1^2 - 0,5000x_1x_2 - 10,2441x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,5496					
Coeficiente de variação = 91,8082 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	163,2251	0,0544	0,302	0,7520 ^{ns}
Quadrática	2	1484,9849	0,4948	2,747	0,1567 ^{ns}
Interação	1	1,0000	0,0003	0,0037	0,9539 ^{ns}
Total da regressão	5	1649,2101	0,5496	1,220	0,4163 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	533,0323	177,6774	0,434	0,7524 ^{ns}
Erro puro	2	818,6667	409,3333		
Total do erro	5	1351,6990	270,3398		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente Estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	18,7233	9,4925	0,1056 ^{ns}	
X_1	1	-4,3906	5,8218	0,4847 ^{ns}	
X_2	1	-1,0895	5,8218	0,8589 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	9,1211	6,9469	0,2462 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	-0,5000	8,2210	0,9539 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-10,2441	6,9469	0,2003 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E6. Modelo de regressão completo e análise de variância para a quebra da viscosidade (*breakdown*) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 8,4348 - 51,9232x_1 + 4,9184x_2 + 51,9431x_1^2 - 10,7500x_1x_2 - 6,9070x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,8637					
Coeficiente de variação = 86,7246 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	21697	0,4656	8,543	0,0244 *
Quadrática	2	18088	0,3882	7,122	0,0344 *
Interação	1	462,2500	0,0099	0,364	0,5726 ^{ns}
Total da regressão	5	40247	0,8637	6,339	0,0319 *
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	6108,9252	2036,3084	16,922	0,0563 ^{ns}
Erro puro	2	240,6667	120,3333		
Total do erro	5	6349,5918	1269,9184		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente Estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	8,4348	20,5742	0,6988 ^{ns}	
X_1	1	-51,9232	12,6179	0,0092 **	
X_2	1	4,9184	12,6179	0,7127 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	51,9431	15,0565	0,0182 *	
$X_2 * X_1$	1	-10,7500	17,8179	0,5726 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-6,9070	15,0565	0,6657 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E7. Modelo de regressão completo e análise de variância para a quebra da viscosidade (*breakdown*) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 6,3474 + 12,1248x_1 - 2,2015x_2 + 3,2078x_1^2 - 0,7500x_1x_2 + 3,4593x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,8976					
Coeficiente de variação = 48,8976 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	1211,2507	0,8298	20,258	0,0040 **
Quadrática	2	96,6603	0,0662	1,617	0,2874 ^{ns}
Interação	1	2,2500	0,0015	0,0753	0,7948 ^{ns}
Total da regressão	5	1310,1610	0,8976	8,765	0,0163 *
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	130,8086	43,6029	4,672	0,1813 ^{ns}
Erro puro	2	18,6667	9,3333		
Total do erro	5	149,4753	29,8951		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente Estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	6,3474	3,1567	0,1005 ^{ns}	
X ₁	1	12,1248	1,9359	0,0015 **	
X ₂	1	-2,2015	1,9359	0,3070 ^{ns}	
X ₁ *X ₁	1	3,2078	2,3101	0,2236 ^{ns}	
X ₂ *X ₁	1	-0,7500	2,7338	0,7948 ^{ns}	
X ₂ *X ₂	1	3,4593	2,3101	0,1945 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E8. Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade final das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 60,0381 - 496,6626x_1 + 132,8189x_2 + 386,8757x_1^2 - 165,5000x_1x_2 + 50,1220x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9749					
Coeficiente de variação = 33,4223 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	2108226	0,6673	66,426	0,0003 **
Quadrática	2	862424	0,2730	27,173	0,0021 **
Interação	1	109561	0,0347	6,904	0,0467 *
Total da regressão	5	3080211	0,9749	38,821	0,0005 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	78094	26031	41,628	0,0236 *
Erro puro	2	1250,6667	625,3333		
Total do erro	5	79344	15869		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	60,0381	72,7289	0,4467 ^{ns}	
X_1	1	-496,6626	44,6041	0,0001 **	
X_2	1	132,8189	44,6041	0,0309 *	
$X_1 * X_1$	1	386,8757	53,2243	0,0008 **	
$X_2 * X_1$	1	-165,5000	62,9859	0,0467 *	
$X_2 * X_2$	1	50,1220	53,2243	0,3896 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E9. Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade final das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 175,9508 - 840,7863x_1 + 95,8338x_2 + 551,4240x_1^2 - 109,5000x_1x_2 + 89,4251x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9897					
Coeficiente de variação = 19,5191 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	5711803	0,7543	182,6	0,0000 **
Quadrática	2	1734394	0,2290	55,460	0,0004 **
Interação	1	47961	0,0063	3,067	0,1403 ^{ns}
Total da regressão	5	7494158	0,9897	95,854	0,0001 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	77018	25673	44,086	0,0223 *
Erro puro	2	1164,6667	582,3333		
Total do erro	5	78183	15637		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	175,9508	72,1946	0,0589 ^{ns}	
X_1	1	-840,7863	44,2764	0,0000 **	
X_2	1	95,8338	44,2764	0,0827 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	551,4240	52,8333	0,0001 **	
$X_2 * X_1$	1	-109,5000	62,5231	0,1403 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	89,4251	52,8333	0,1513 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E10. Modelo de regressão completo e análise de variância para a viscosidade final das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 66,4080 - 950,3548x_1 + 68,7332x_2 + 764,6387x_1^2 - 149,5000x_1x_2 - 4,6888x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9775					
Coeficiente de variação = 36,3080 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	7241580	0,6481	72,043	0,0002 **
Quadrática	2	3591977	0,3215	35,735	0,0011 **
Interação	1	89401	0,0080	1,779	0,2398 ^{ns}
Total da regressão	5	10922958	0,9775	43,467	0,0004 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	249820	83273	112,9	0,0088 **
Erro puro	2	1474,6667	737,3333		
Total do erro	5	251295	50259		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	66,4080	129,4318	0,6298 ^{ns}	
X_1	1	-950,3548	79,3796	0,0001 **	
X_2	1	68,7332	79,3796	0,4261 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	764,6387	94,7205	0,0005 **	
$X_2 * X_1$	1	-149,5000	112,0925	0,2398 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-4,6888	94,7205	0,9624 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E11. Modelo de regressão completo e análise de variância para a tendência à retrogradação (*setback*) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 1,7614 - 213,1203x_1 + 52,7695x_2 + 159,8502x_1^2 - 74,5000x_1x_2 + 18,2577x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9609					
Coeficiente de variação = 51,3187 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	384492	0,6660	42,596	0,0007 **
Quadrática	2	148046	0,2564	16,401	0,0064 **
Interação	1	22201	0,0385	4,919	0,0773 ^{ns}
Total da regressão	5	554739	0,9609	24,583	0,0016 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	20918	6972,5430	8,458	0,1076 ^{ns}
Erro puro	2	1648,6667	824,3333		
Total do erro	5	22566	4513,2591		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	1,7614	38,7864	0,9655 ^{ns}	
X_1	1	-213,1203	23,7874	0,0003 **	
X_2	1	52,7695	23,7874	0,0773 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	159,8502	28,3846	0,0024 **	
$X_2 * X_1$	1	-74,5000	33,5904	0,0773 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	18,2577	28,3846	0,5484 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E12. Modelo de regressão completo e análise de variância para a tendência à retrogradação (*setback*) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 58,5561 - 373,8497x_1 + 34,8549x_2 + 244,6534x_1^2 - 43,0000x_1x_2 + 37,6718x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9797					
Coeficiente de variação = 29,6911 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	1124472	0,7473	92,014	0,0001 **
Quadrática	2	342212	0,2274	28,003	0,0019 **
Interação	1	7396,0000	0,0049	1,210	0,3214 ^{ns}
Total da regressão	5	1474081	0,9797	48,249	0,003 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	30400	10133	133,3	0,0075 **
Erro puro	2	152,0000	76,0000		
Total do erro	5	30552	6110,3328		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	58,5561	45,1301	0,2511 ^{ns}	
X_1	1	-373,8497	27,6779	0,0000 **	
X_2	1	34,8549	27,6779	0,2635 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	244,6534	33,0270	0,0007 **	
$X_2 * X_1$	1	-43,0000	39,0843	0,3214 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	37,6718	33,0270	0,3057 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice E13. Modelo de regressão completo e análise de variância para a tendência à retrogradação (*setback*) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 4,6192 - 360,8001x_1 + 20,5699x_2 + 293,9204x_1^2 - 32,5000x_1x_2 - 23,2165x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9456					
Coeficiente de variação = 67,5965 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	1041695	0,6147	28,240	0,0019 **
Quadrática	2	556470	0,3284	15,086	0,0076 **
Interação	1	4225.0000	0,0025	0,229	0,6524 ^{ns}
Total da regressão	5	1602390	0,9456	17,376	0,0035 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	92010	30670	294,0	0,0034 **
Erro puro	2	208,6667	104,3333		
Total do erro	5	922119	18444		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	4,6192	78,4076	0,9553 ^{ns}	
X ₁	1	-360,8001	48,0868	0,0007 **	
X ₂	1	20,5699	48,0868	0,6866 ^{ns}	
X ₁ *X ₁	1	293,9204	57,3801	0,0037 *	
X ₂ *X ₁	1	-32,5000	67,9038	0,6524 ^{ns}	
X ₂ *X ₂	1	-23,2165	57,3801	0,7025 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

APÊNDICE F: ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (IAA), ÍNDICE DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA (ISA) E ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Apêndice F1. Índice de Absorção em Água (IAA) [g gel (g MS)⁻¹] e do Índice de Solubilidade em Água (ISA) (%) das farinhas de arroz torradas das cvs. BRS Primavera, BRS Sertaneja e IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (min) e umidade [g (100 g)⁻¹].

VARIÁVEIS		BRS PRIMAVERA		BRS SERTANEJA		IRGA 417	
Tempo (min)	Umidade [g (100 g) ⁻¹]	IAA	ISA	IAA	ISA	IAA	ISA
10	14,3	2,87 ± 0,02	0,88 ± 0,08	2,49 ± 0,12	0,34 ± 0,03	2,79 ± 0,00	1,00 ± 0,03
20	14,3	3,37 ± 0,03	4,58 ± 0,07	2,67 ± 0,52	0,87 ± 0,05	3,42 ± 0,07	4,16 ± 0,25
10	23,2	2,55 ± 0,07	0,58 ± 0,11	2,50 ± 0,00	0,23 ± 0,00	2,68 ± 0,02	0,61 ± 0,00
20	23,2	2,57 ± 0,07	2,36 ± 0,08	2,64 ± 0,02	0,44 ± 0,03	4,59 ± 0,24	17,75 ± 0,92
8	18,7	2,57 ± 0,03	0,62 ± 0,11	2,43 ± 0,01	0,25 ± 0,01	2,68 ± 0,02	0,79 ± 0,01
22	18,7	3,10 ± 0,08	3,78 ± 0,19	2,83 ± 0,02	0,45 ± 0,06	4,49 ± 0,05	11,32 ± 0,20
15	12,5	2,66 ± 0,01	0,71 ± 0,12	2,68 ± 0,01	0,38 ± 0,01	3,14 ± 0,01	1,88 ± 0,05
15	25,0	2,42 ± 0,08	0,16 ± 0,03	2,59 ± 0,04	0,23 ± 0,04	2,64 ± 0,06	1,29 ± 0,34
15	18,7	2,52 ± 0,04	0,37 ± 0,01	2,56 ± 0,01	0,42 ± 0,00	2,82 ± 0,01	1,29 ± 0,06
15	18,7	2,54 ± 0,03	0,42 ± 0,03	2,51 ± 0,04	0,38 ± 0,01	2,83 ± 0,02	1,30 ± 0,08
15	18,7	2,57 ± 0,05	0,48 ± 0,04	2,66 ± 0,06	0,49 ± 0,08	2,73 ± 0,07	1,32 ± 0,06

*Resultados representam a média de duas determinações ± desvio-padrão;

Apêndice F2. Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Absorção em Água (IAA) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 2,5437 + 0,1599x_1 - 0,1843x_2 + 0,1848x_1^2 - 0,1191x_1x_2 + 0,0373x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,8462					
Coeficiente de variação = 5,9996 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,4749	0,5546	9,017	0,0220 *
Quadrática	2	0,1929	0,2254	3,664	0,1047 ^{ns}
Interação	1	0,0567	0,0662	2,153	0,2022 ^{ns}
Total da regressão	5	0,7246	0,8462	5,503	0,0423 *
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,1305	0,0435	77,989	0,0127 *
Erro puro	2	0,0011	0,0005		
Total do erro	5	0,1317	0,0263		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	2,5437	0,0937	0,0000 **	
X_1	1	0,1599	0,0574	0,0387 *	
X_2	1	-0,1843	0,0574	0,0238 *	
$X_1 * X_1$	1	0,1848	0,0686	0,0430 *	
$X_2 * X_1$	1	-0,1191	0,0811	0,2022 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	0,0373	0,0686	0,6094 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice F3. Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Absorção em Água (IAA) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 2,5758 + 0,1100x_1 - 0,0184x_2 + 0,0114x_1^2 - 0,0079x_1x_2 + 0,0149x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,7853					
Coeficiente de variação = 2,8653 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,0993	0,7712	8,980	0,0221 *
Quadrática	2	0,0016	0,0121	0,141	0,8718 ^{ns}
Interação	1	0,0002	0,0021	0,0457	0,8391 ^{ns}
Total da regressão	5	0,1010	0,7853	3,658	0,0905 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0159	0,0053	0,915	0,5599 ^{ns}
Erro puro	2	0,0116	0,0058		
Total do erro	5	0,0276	0,0055		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	2,5758	0,0429	0,0000 **	
X_1	1	0,1100	0,0263	0,0087 **	
X_2	1	-0,0184	0,0263	0,5161 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	0,0114	0,0314	0,7307 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	-0,0079	0,0372	0,8391 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	0,0149	0,0314	0,6541 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice F4. Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Absorção em Água (IAA) das farinhas de arroz torradas da cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 2,7942 + 0,6407x_1 + 0,0437x_2 + 0,4312x_1^2 + 0,3200x_1x_2 + 0,0810x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9170					
Coeficiente de variação = 9,2680 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	3,2899	0,6347	19,111	0,0046 **
Quadrática	2	1,0535	0,2032	6,120	0,0453 *
Interação	1	0,4096	0,0790	4,759	0,0810 ^{ns}
Total da regressão	5	4,7532	0,9170	11,044	0,0098 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,4239	0,1413	43,865	0,0224 **
Erro puro	2	0,0064	0,0032		
Total do erro	5	0,4304	0,0861		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	2,7942	0,1694	0,0000 **	
X_1	1	0,6407	0,1039	0,0016 **	
X_2	1	0,0437	0,1039	0,6915 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	0,4312	0,1239	0,0177 *	
$X_2 * X_1$	1	0,3200	0,1467	0,0810 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	0,0810	0,1239	0,5421 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice F5. Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Solubilidade em Água (ISA) das farinhas de arroz torradas da cv. BRS Primavera, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 0,4208 + 1,2449x_1 - 0,4110x_2 + 1,0912x_1^2 - 0,4813x_1x_2 + 0,2023x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9265					
Coeficiente de variação = 42,8760 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	13,7082	0,5939	20,195	0,0040 **
Quadrática	2	6,7516	0,2925	9,947	0,0181 *
Interação	1	0,9266	0,0401	2,730	0,1594 ^{ns}
Total da regressão	5	21,3864	0,9265	12,603	0,0073 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	1,6909	0,5636	187,1	0,0053 **
Erro puro	2	0,0060	0,0030		
Total do erro	5	1,6969	0,3394		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	0,4208	0,3363	0,2663 ^{ns}	
X_1	1	1,2449	0,2063	0,0018 **	
X_2	1	-0,4110	0,2063	0,1029 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	1,0912	0,2461	0,0068 **	
$X_2 * X_1$	1	-0,4813	0,2913	0,1594 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	0,2023	0,2461	0,4484 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice F6. Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Solubilidade em Água (ISA) das farinhas de arroz torradas das cv. BRS Sertaneja, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 0,4282 + 0,1308x_1 - 0,0944x_2 - 0,0031x_1^2 - 0,0818x_1x_2 - 0,0264x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,7346					
Coeficiente de variação = 32,2467 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	0,2076	0,6397	6,025	0,0466 *
Quadrática	2	0,0040	0,0124	0,117	0,8919 ^{ns}
Interação	1	0,0267	0,0824	1,553	0,2679 ^{ns}
Total da regressão	5	0,2383	0,7346	2,767	0,1441 ^{ns}
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,0804	0,0268	9,462	0,0971 ^{ns}
Erro puro	2	0,0057	0,0028		
Total do erro	5	0,0861	0,0172		
PARÂMETRO	G.L	Coefficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	0,4282	0,0758	0,0024 **	
X_1	1	0,1308	0,0465	0,0373 *	
X_2	1	-0,0944	0,0465	0,0980 ^{ns}	
$X_1 * X_1$	1	-0,0031	0,0554	0,9575 ^{ns}	
$X_2 * X_1$	1	-0,0818	0,0656	0,2679 ^{ns}	
$X_2 * X_2$	1	-0,0264	0,0554	0,6541 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apêndice F7. Modelo de regressão completo e análise de variância para o Índice de Solubilidade em Água (ISA) das farinhas de arroz torradas das cv. IRGA 417, em função das variáveis independentes: tempo de torra (x_1) e umidade (x_2).

$y = 2,7942 + 0,6407x_1 + 0,0437x_2 + 0,4312x_1^2 + 0,3200x_1x_2 + 0,0810x_2^2$					
ANÁLISE DE VARIÂNCIA (PROC RSREG – SAS)					
Coeficiente de determinação (R^2) = 0,9170					
Coeficiente de variação = 9,2680 %					
REGRESSÃO	G.L	S.Q.	R²	Valor F	Prob.>F
Linear	2	3,2899	0,6347	19,111	0,0046 **
Quadrática	2	1,0535	0,2032	6,120	0,0453 *
Interação	1	0,4096	0,0790	4,759	0,0810 ^{ns}
Total da regressão	5	4,7532	0,9170	11,044	0,0098 **
RESÍDUO	G.L	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob>F
Falta de ajuste	3	0,4239	0,1413	43,865	0,0224 **
Erro puro	2	0,0064	0,0032		
Total do erro	5	0,4304	0,0861		
PARÂMETRO	G.L	Coeficiente estimado	Erro padrão da estimativa	Prob > T 	
Média	1	2,7942	0,1694	0,0000 **	
X ₁	1	0,6407	0,1039	0,0016 **	
X ₂	1	0,0437	0,1039	0,6915 ^{ns}	
X ₁ *X ₁	1	0,4312	0,1239	0,0177 *	
X ₂ *X ₁	1	0,3200	0,1467	0,0810 ^{ns}	
X ₂ *X ₂	1	0,0810	0,1239	0,5421 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$);

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro ($P \leq 0,01$);

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

APÊNDICE G: ANÁLISE SENSORIAL

Apêndice G1. Ficha modelo para avaliação das farinhas de arroz torradas pelo método de Perfil Livre.

Nome: _____	Data: ___/___/____						
<p>Você esta recebendo amostra codificada de farinha de quirera de arroz torrada. Por favor, avalie na amostra cada atributo de Aparência, Aroma, Sabor e Textura e marque na escala correspondente um “x” no lugar da escala que você achar que melhor quantifique a intensidade percebida do atributo na amostra.</p>							
Amostra: _____							
APARÊNCIA							
Atributo 1	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">pouco intensa</td> <td></td> <td style="text-align: center;">muito intensa</td> </tr> </table>	0	5	10	pouco intensa		muito intensa
0	5	10					
pouco intensa		muito intensa					
AROMA							
Atributo 2	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ausência</td> <td></td> <td style="text-align: center;">intenso</td> </tr> </table>	0	5	10	ausência		intenso
0	5	10					
ausência		intenso					
Atributo 3	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ausência</td> <td></td> <td style="text-align: center;">intenso</td> </tr> </table>	0	5	10	ausência		intenso
0	5	10					
ausência		intenso					
SABOR							
Atributo 4	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ausência</td> <td></td> <td style="text-align: center;">muito</td> </tr> </table>	0	5	10	ausência		muito
0	5	10					
ausência		muito					
Atributo 5	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ausência</td> <td></td> <td style="text-align: center;">muito</td> </tr> </table>	0	5	10	ausência		muito
0	5	10					
ausência		muito					
Atributo 6	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ausência</td> <td></td> <td style="text-align: center;">muito</td> </tr> </table>	0	5	10	ausência		muito
0	5	10					
ausência		muito					
TEXTURA							
Atributo 7	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">muito</td> </tr> </table>	0	5	10	pouco		muito
0	5	10					
pouco		muito					
Atributo 8	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">muito</td> </tr> </table>	0	5	10	pouco		muito
0	5	10					
pouco		muito					