

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MARINA COSTA GARCIA

**INFLUÊNCIA DO TEMPO DE TORRA POR MICROONDAS  
NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS, FÍSICAS E  
QUÍMICAS DE FARELOS DE CULTIVARES DE ARROZ E  
SUA APLICAÇÃO EM BARRAS DE CEREAIS**

Goiânia  
2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MARINA COSTA GARCIA

**INFLUÊNCIA DO TEMPO DE TORRA POR MICROONDAS  
NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS, FÍSICAS E  
QUÍMICAS DE FARELOS DE CULTIVARES DE ARROZ E  
SUA APLICAÇÃO EM BARRAS DE CEREAIS**

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

**Orientador:** Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior.

**Co-orientadoras:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta de Toledo Benassi e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel de Andrade Cardoso Santiago

Goiânia  
2010

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus e a minha família (mãe, pai e irmãos), os quais são essenciais na minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, sem ele nada seria possível.

Aos meus pais, Marilda e Luiz, pelo amor incondicional, apoio, carinho, compreensão e ajuda nas angústias e dificuldades, e alegria nas conquistas.

Aos meus irmãos, Daniel e Luiz Neto pelo amor, amizade e torcida.

Aos meus avós, Luiz e Vilma pelo amor e orações.

Ao meu orientador prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior, pela competência, orientação e paciência, enfim, pela amizade e ajuda para realizar um sonho.

À prof. Dra. Marta de Toledo Benassi, pela amizade, orientação, exemplo, atenção e acima de tudo, por ter me recebido bem em Londrina.

À Universidade Federal de Goiás pela oportunidade de realizar o mestrado, e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelos ensinamentos.

Aos professores e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, pela parceria, apoio e realização deste trabalho.

Às amigas Michele e Lu Lobato, pelo companheirismo, ajuda nos momentos de dificuldade da pesquisa, e acima de tudo, pela verdadeira amizade construída.

À todos os colegas de Londrina: Denãozinho, Maria das Graças, Mariana, Nádia, Cristina, Cris Canan, Rodrigo, Luiz, enfim, todos que compartilharam risadas e dificuldades no Laboratório, meu muito obrigado.

À CAPES pela bolsa de estudos e apoio financeiro.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar a influência do tempo de torra por microondas nas características sensoriais, físicas e químicas de farelos de cultivares de arroz e sua aplicação em barras de cereais. Os farelos de arroz cru e torrados se diferenciaram aos parâmetros de cor para as cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, com escurecimento, amarelecimento e avermelhamento com a torração. Os farelos cru e torrados da cv. IRGA 417 apresentaram coloração mais clara em relação às cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja. O Perfil Livre permitiu diferenciar as amostras quanto a cultivar e o tempo de torra. Quanto maior o tempo, os farelos caracterizaram-se com aroma e sabor mais intenso de torrado e de queimado. A cv. IRGA 417 caracterizou-se com aroma agradável e sabor adocicado. Os farelos das cvs. IRGA e BRS Primavera são mais parecidos e diferenciados dos farelos da cv. BRS Sertaneja, considerando os mesmos tempos de torra. O farelo de arroz modificou sua composição centesimal durante a torração, mas pode ser utilizado para alimentação humana, pois continua um produto rico em proteínas e lipídios, além de apresentar conteúdo de fibra alimentar insolúvel e total mais elevado. O processo de torra diminui o teor de açúcares redutores e de ácido fítico do farelo de arroz. Quanto maior a quantidade de farelo de arroz torrado nas formulações de barras de cereais observou-se tendência a menor força de ruptura (0,87 N), menor atividade de água (0,54), densidade intermediária (0,76 g/cm<sup>3</sup>) e escurecimento das barras (L\* de 31,20). A formulação experimental com a proporção de 0,34 de farelo de arroz torrado, 0,32 de flocos de arroz e 0,34 de flocos de milho, se apresentou mais próxima da barra com maior desejabilidade. As barras de cereais experimentais com farelo de arroz torrado podem ser classificadas como produtos funcionais, devido ao alto teor de fibras alimentares. As barras de cereais formuladas com teores de farelo de arroz torrado entre 10,15% e 20% são aceitas pelos consumidores, variando na escala adotada entre gostei moderadamente e gostei muito.

**Palavras-chave:** Farelo de arroz, torração, microondas, barras de cereais.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of microwave roasting time on the sensorial, physical, and chemical characteristics of rice brans and their application in cereal bars. The raw and roasted rice brans of the BRS Sertaneja, BRS Primavera and IRGA 417 cultivars differed in regard to the color parameter, with darkening, yellowing and reddening occurring with roasting. IRGA 417's raw and roasted brans presented a lighter coloration in comparison with those of the BRS Primavera and BRS Sertaneja cultivars. The Free Profile made it possible to differentiate the samples by cultivar and roasting time. The longer the roasting time, the more intense were the brans' roasted and burned aroma and flavor. The IRGA 417 cultivar was characterized by a less burnt aroma and flavor. IRGA and Primavera were more similar to each other and differed from the BRS Sertaneja cultivar for the same roasting times. The centesimal composition of rice bran changed during roasting, but rice bran may still be used as human food since it remains rich in proteins and lipids as well as increasing insoluble and total dietary fiber content. The roasting process lowered the level of reducer sugar and phytic acid in rice bran. As the quantity of roasted rice bran in the cereal bar formulations increased, there was a tendency toward lower rupture force (0.87 N), less water activity (0.54), intermediate density (0.76 g/cm<sup>3</sup>) and darkening of the bars (L\* of 31.20). The experimental formulation with the proportion of 0.34 roasted rice bran, 0.32 rice flakes and 0.34 corn flakes was closest to the bar with the greatest desirability. The experimental cereal bars with roasted rice bran may be classified as a functional product due to their high level of dietary fibers. The cereal bars formulated with roasted rice bran levels between 10.15% and 20% were accepted by consumers, varying on the scale between "I liked it somewhat" to "I liked it a lot".

**Key-words:** Rice bran, roasting, microwave, cereal bars.

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1</b> Grau de polimento .....	45
<b>Equação 2</b> Renda do beneficiamento .....	46
<b>Equação 3</b> Rendimento de inteiros .....	46
<b>Equação 4</b> Correção do conteúdo de água nas amostras .....	46
<b>Equação 5</b> Grau de eficiência do delineamento .....	53
<b>Equação 6</b> Concentração sólidos totais .....	54
<b>Equação 7</b> Concentração de umidade .....	54
<b>Equação 8</b> Resíduo mineral fixo .....	55
<b>Equação 9</b> Percentual de nitrogênio .....	55
<b>Equação 10</b> Proteína bruta .....	55
<b>Equação 11</b> Lipídios .....	56
<b>Equação 12</b> Fibra alimentar insolúvel .....	57
<b>Equação 13</b> Fibra alimentar solúvel .....	58
<b>Equação 14</b> Fibra alimentar total .....	58
<b>Equação 15</b> Teor do componente em pseudocomponente .....	65
<b>Equação 16</b> Concentração em pseudocomponente do farelo de arroz .....	66
<b>Equação 17</b> Concentração em pseudocomponente do flocos de arroz .....	66
<b>Equação 18</b> Concentração em pseudocomponente do flocos de milho .....	66
<b>Equação 19</b> Modelo canônico de Scheffé para os três componentes .....	67
<b>Equação 20</b> Tonalidade cromática (H*) .....	69
<b>Equação 21</b> Volume específico .....	69
<b>Equação 22</b> Densidade .....	70

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Esquema detalhado do grão de arroz .....	19
<b>Figura 2</b>	Grão de arroz .....	24
<b>Figura 3</b>	Ficha de avaliação do Teste Diferença do Controle .....	50
<b>Figura 4</b>	Ficha modelo para avaliação de farelo de arroz torrado pelo Perfil Livre, com exemplo de atributos avaliados .....	52
<b>Figura 5</b>	Esquema genérico de produção de barras de cereais em escala de bancada (lotes de 400 g) .....	62
<b>Figura 6</b>	Aquecimento da calda a 95 °C (xarope de glicose e goma guar) .....	63
<b>Figura 7</b>	Mistura de ingredientes secos na calda .....	63
<b>Figura 8</b>	Modelagem das barras de cereais .....	64
<b>Figura 9</b>	Barra de cereal .....	64
<b>Figura 10</b>	Análise de força de ruptura das barras de cereais .....	68
<b>Figura 11</b>	Ficha de avaliação do teste de aceitação global das barras de cereais .....	72
<b>Figura 12</b>	Farelos de arroz cru das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA417 .....	75
<b>Figura 13</b>	Luminosidade (L*) dos farelos das cultivares BRS Sertaneja (a), BRS Primavera (b) e IRGA 417 (c) .....	78
<b>Figura 14</b>	Coordenada de cromaticidade a* dos farelos das cultivares BRS Sertaneja (a), BRS Primavera (b) e IRGA 417 (c) .....	80
<b>Figura 15</b>	Coordenada de cromaticidade b* dos farelos das cultivares BRS Sertaneja (a), BRS Primavera (b) e IRGA 417 (c) .....	81
<b>Figura 16</b>	Farelos de arroz (cultivar BRS Sertaneja) torrados durante 0 min (a), 6 min (b), 9 min (c), 12 min (d), 15 min (e) e 18 min (f) .....	83
<b>Figura 17</b>	Farelos de arroz (cultivar BRS Primavera) torrados durante 0 min (a), 6 min (b), 9 min (c), 12 min (d), 15 min (e) e 18 min (f) .....	83
<b>Figura 18</b>	Farelos de arroz (cultivar IRGA 417) torrados durante 0 min (a), 6 min (b), 9 min (c), 12 min (d), 15 min (e) e 18 min (f) .....	83
<b>Figura 19</b>	Atividade de água dos farelos das cultivares BRS Sertaneja (a), BRS Primavera (b) e IRGA 417 em relação ao tempo de torra (min) .....	85
<b>Figura 20</b>	Consenso das amostras no Teste Perfil Livre .....	89
<b>Figura 21</b>	Configuração geral dos provadores no Teste Perfil Livre .....	90
<b>Figura 22</b>	Distribuição da variância residual dos provadores no Teste Perfil Livre .....	90
<b>Figura 23</b>	Distribuição do consenso entre as amostras no Teste Perfil Livre .....	92
<b>Figura 24</b>	Força de ruptura das barras de cereais em relação ao tempo.....	109
<b>Figura 25</b>	Curvas de nível obtidas para a força de ruptura pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes).....	110
<b>Figura 26</b>	Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes) para a densidade.....	112
<b>Figura 27</b>	Curvas de nível obtidas para a atividade de água pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes).....	113
<b>Figura 28</b>	Curvas de nível obtidas para a luminosidade pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes).....	115

<b>Figura 29</b>	Curvas de nível obtidas para a tonalidade cromática pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes).....	116
<b>Figura 30</b>	Desejabilidade das diferentes formulações (em pseudocomponentes) das barras de cereais em relação às características de força de ruptura, luminosidade e densidade .....	118

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Características dos grãos das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417.....	22
<b>Tabela 2</b>	Etapas e números de sessões de avaliação associados ao método convencional Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e ao método Perfil Livre.....	41
<b>Tabela 3</b>	Sigla das cultivares para os diferentes tempos de torra .....	47
<b>Tabela 4</b>	Delineamento experimental utilizado no Teste Perfil Livre .....	53
<b>Tabela 5</b>	Pontos utilizados para construção da curva-padrão para determinação de açúcares redutores .....	59
<b>Tabela 6</b>	Pontos utilizados para construção da curva-padrão para determinação do fósforo fítico, fósforo total e ácido fítico .....	61
<b>Tabela 7</b>	Concentração máximas e mínimas, estabelecidas para farelo de arroz, flocos de arroz e flocos de milho nas formulações de barras de cereais .....	65
<b>Tabela 8</b>	Planejamento experimental para estudo das propriedades das misturas de farelo de arroz, flocos de arroz e flocos de milho, em proporções reais e em pseudocomponentes .....	66
<b>Tabela 9</b>	Planejamento experimental para estudo das propriedades das misturas de farelo de arroz torrado, flocos de arroz e flocos de milho, em proporções dos ingredientes na mistura ternária e percentual dos ingredientes nas formulações finais de barras de cereais .....	67
<b>Tabela 10</b>	Grau de polimento, renda do beneficiamento e rendimento de inteiros das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 após o beneficiamento .....	73
<b>Tabela 11</b>	Valores médios seguidos pelos desvios-padrão da luminosidade ( $L^*$ ), coordenadas de cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ) nos farelos de arroz cru e torrados em 6, 9, 12, 15 e 18 min das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 .....	76
<b>Tabela 12</b>	Modelos de regressão ajustados, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e significância (P) dos parâmetros instrumentais de cor dos farelos de arroz das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 em relação ao tempo de torra em microondas .....	79
<b>Tabela 13</b>	Valores médios seguidos pelos desvios-padrão da atividade de água nos farelos de arroz cru e torrados em 6, 9, 12, 15 e 18 min das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 .....	84
<b>Tabela 14</b>	Modelos de regressão ajustados, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e significância (P) da atividade de água dos farelos de arroz das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 em relação ao tempo de torra em microondas .....	86
<b>Tabela 15</b>	Escores médios, e desvios-padrão respectivos, atribuídos pelos provadores no Teste de Diferença do Controle para farelos de arroz das cultivares BRS Sertaneja (S), BRS Primavera (P) e IRGA 417 (I) submetidos a diferentes tempos de torra .....	87
<b>Tabela 16</b>	Porcentagem de explicação bidimensional do Teste Perfil Livre .....	89
<b>Tabela 17</b>	Composição centesimal dos farelos de arroz crus e torrados das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 em relação ao tempo de torra .....	93

<b>Tabela 18</b>	Açúcares redutores, fósforo total, fósforo fítico e ácido fítico dos farelos de arroz cru e torrados das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 em relação ao tempo de torra .....	102
<b>Tabela 19</b>	Médias das propriedades físicas (força de ruptura, densidade e atividade de água) das barras de cereais formuladas com diferentes proporções de farelo de arroz torrado, flocos de arroz e flocos de milho, por meio do planejamento de misturas .....	106
<b>Tabela 20</b>	Coefficientes numéricos, modelos matemáticos ajustados e parâmetros de análise de variância dos coeficientes da regressão das propriedades físicas das barras de cereais formuladas .....	107
<b>Tabela 21</b>	Médias das características físicas (força de ruptura, densidade, atividade de água, luminosidade e tonalidade cromática) das barras de cereais comerciais .....	107
<b>Tabela 22</b>	Composição química e valor energético de três formulações experimentais de barras de cereais com diferentes teores de farelo de arroz torrado (máximo, intermediário e mínimo) .....	119
<b>Tabela 23</b>	Médias dos escores seguidas pelos desvios-padrão de barras de cereais com teores mínimos, intermediários e máximos de farelo de arroz torrado, geradas pelos 51 provadores no Teste de Aceitação Global .....	122

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo A</b>	Análise de variância obtida para a luminosidade dos farelos de arroz crus e torrados em microondas das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 .....	144
<b>Anexo B</b>	Análise de variância obtida para a coordenada de cromaticidade a* dos farelos de arroz crus e torrados em microondas das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 .....	145
<b>Anexo C</b>	Análise de variância obtida para a coordenada de cromaticidade b* dos farelos de arroz crus e torrados em microondas das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 .....	146
<b>Anexo D</b>	Análise de variância obtida para a atividade de água dos farelos de arroz crus e torrados em microondas das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 .....	147
<b>Anexo E</b>	Análise de variância obtida para a força de ruptura das barras de cereais experimentais .....	148
<b>Anexo F</b>	Análise de variância obtida para a densidade das barras de cereais experimentais .....	149
<b>Anexo G</b>	Análise de variância obtida para a atividade de água das barras de cereais experimentais .....	150
<b>Anexo H</b>	Análise de variância obtida para a luminosidade das barras de cereais experimentais .....	151
<b>Anexo I</b>	Análise de variância obtida para a tonalidade cromática das barras de cereais experimentais .....	152

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
2.1	ASPECTOS GERAIS SOBRE O ARROZ.....	18
2.2	SISTEMAS DE CULTIVO E CULTIVARES DE ARROZ.....	20
2.3	FARELO DE ARROZ.....	22
2.4	FIBRA ALIMENTAR .....	24
2.5	ÁCIDO FÍTICO .....	26
2.6	ESTABILIZAÇÃO DO FARELO DE ARROZ.....	29
2.7	FORMAÇÃO DE COMPLEXOS AMIDO-LIPÍDIOS.....	30
2.8	FORMAÇÃO DE COMPLEXOS PROTEÍNA-LIPÍDIOS .....	31
2.9	AQUECIMENTO POR MICROONDAS .....	32
2.10	TORRA DO FARELO DE ARROZ E SUA UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO .....	35
2.11	BARRAS DE CEREAIS .....	37
2.12	OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÕES E PLANEJAMENTO PARA MISTURAS .....	38
2.13	ANÁLISE SENSORIAL .....	39
<b>2.13.1</b>	<b>Análise sensorial discriminativa</b> .....	<b>39</b>
<b>2.13.2</b>	<b>Análise sensorial descritiva</b> .....	<b>40</b>
2.13.2.1	Perfil Livre.....	40
<b>2.13.3</b>	<b>Aceitação Global</b> .....	<b>42</b>
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>43</b>
3.1	OBJETIVO GERAL.....	43
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	43
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>45</b>
4.1	MATERIAL.....	45
4.2	MÉTODOS .....	45
<b>4.2.1</b>	<b>Obtenção dos farelos de arroz</b> .....	<b>45</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Torra dos farelos de arroz</b> .....	<b>46</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Análises físicas do farelo de arroz cru e torrado</b> .....	<b>48</b>
4.2.3.1	Parâmetros instrumentais de cor .....	48
4.2.3.2	Atividade de água .....	48
<b>4.2.4</b>	<b>Análise sensorial do farelo de arroz torrado</b> .....	<b>48</b>
4.2.4.1	Teste Diferença do Controle .....	49
4.2.4.2	Teste Perfil livre .....	50
<b>4.5.5</b>	<b>Análises químicas do farelo de arroz cru e torrado</b> .....	<b>53</b>
4.2.5.1	Umidade.....	54
4.2.5.2	Cinzas .....	54
4.2.5.3	Proteínas .....	55
4.2.5.4	Lipídios .....	56
4.2.5.5	Fibra alimentar.....	56
4.2.5.6	Carboidratos.....	58
4.2.5.7	Açúcares redutores.....	59
4.2.5.8	Ácido fítico, fósforo fítico e fósforo total.....	60
<b>4.2.6</b>	<b>Processamento das barras de cereais</b> .....	<b>61</b>

4.2.6.1	Planejamento experimental de misturas .....	65
<b>4.2.7</b>	<b>Análises físicas das barras de cereais</b> .....	<b>68</b>
4.2.7.1	Força de ruptura.....	68
4.2.7.2	Parâmetros instrumentais de cor .....	69
4.2.7.3	Atividade de água .....	69
4.2.7.4	Densidade .....	69
4.2.7.5	Desejabilidade das barras de cereais.....	70
<b>4.2.8</b>	<b>Análises químicas das barras de cereais</b> .....	<b>70</b>
<b>4.2.9</b>	<b>Teste de aceitação global das barras de cereais</b> .....	<b>70</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>73</b>
5.1	GRAU DE POLIMENTO, RENDIMENTO DO BENEFICIAMENTO E RENDIMENTO DE INTEIROS .....	73
5.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS FARELOS DE ARROZ CRU E TORRADOS.....	75
<b>5.2.1</b>	<b>Parâmetros instrumentais de cor</b> .....	<b>75</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Atividade de água</b> .....	<b>84</b>
5.3	ANÁLISE SENSORIAL DOS FARELOS DE ARROZ TORRADOS.....	87
<b>5.3.1</b>	<b>Método diferença do controle</b> .....	<b>87</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Avaliação sensorial descritiva de Perfil Livre dos farelos de arroz torrados</b> .....	<b>88</b>
5.4	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO FARELO DE ARROZ CRU E TORRADO .....	93
<b>5.4.1</b>	<b>Umidade</b> .....	<b>94</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Cinzas</b> .....	<b>95</b>
<b>5.4.3</b>	<b>Proteínas</b> .....	<b>95</b>
<b>5.4.4</b>	<b>Lipídios</b> .....	<b>96</b>
<b>5.4.5</b>	<b>Fibra alimentar</b> .....	<b>97</b>
<b>5.4.6</b>	<b>Carboidratos</b> .....	<b>100</b>
<b>5.4.7</b>	<b>Açúcares redutores</b> .....	<b>102</b>
<b>5.4.8</b>	<b>Fósforo total, fósforo fítico e ácido fítico</b> .....	<b>103</b>
5.5	PROPRIEDADES FÍSICAS DAS BARRAS DE CEREAIS.....	106
<b>5.5.1</b>	<b>Força de ruptura</b> .....	<b>108</b>
<b>5.5.2</b>	<b>Densidade</b> .....	<b>111</b>
<b>5.5.3</b>	<b>Atividade de água</b> .....	<b>113</b>
<b>5.5.4</b>	<b>Parâmetros instrumentais de cor</b> .....	<b>114</b>
5.5.4.1	Luminosidade .....	114
5.5.4.2	Tonalidade cromática .....	115
5.6	DESEJABILIDADE DAS BARRAS DE CEREAIS.....	117
5.7	COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR ENERGÉTICO DAS BARRAS DE CEREAIS .....	118
5.8	ACEITAÇÃO GLOBAL DAS BARRAS DE CEREAIS .....	122
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>124</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>127</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>144</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz é um dos cereais básicos da dieta humana, pois alimenta mais da metade da população mundial, representando mais de 50% do aporte energético e protéico diário dos brasileiros. O arroz é constituído essencialmente de amido, aproximadamente 80%, mas também é fonte de proteínas, cerca de 7,5%, possuindo baixo teor de lipídios, cerca de 1% e de fibras, em média 1% (KENNEDY; BURLINGAME, 2003; ZHOU et al., 2003). Os grãos são tradicionalmente utilizados na alimentação humana, após seu beneficiamento, sendo suas principais formas o arroz integral, o polido e o parboilizado (VIEIRA; CARVALHO, 1999).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, por meio da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, estimou que a produção nacional de arroz em casca para a safra de 2008/2009 foi de 12,63 milhões de toneladas, 4,6 % superior ao colhido na safra anterior, sendo que as regiões Centro-Oeste e Sul do país obtiveram aumentos de 13,6% e 2,5% respectivamente (CONAB, 2009), o que corresponde a uma produção hipotética de farelo de arroz de 1.263 mil toneladas. O farelo é um subproduto do beneficiamento de arroz, constituído pelas camadas externas do grão, que correspondem ao pericarpo e aleurona e totalizam cerca de 10% da massa do produto em casca, sendo fonte de vários nutrientes (PARRADO et al., 2006).

O farelo de arroz é rico em proteínas, gorduras e antioxidantes, mas é subutilizado, apesar do seu elevado potencial como matéria-prima para preparação de alimentos funcionais ou nutracêuticos (PARRADO et al., 2006). Além de boa fonte de fibra alimentar, pode conter cerca de 20% de lipídios, o que muitas vezes limita seu uso, uma vez que a gordura é altamente rancificável (FEDDERN; FURLONG; SOARES, 2007).

A deterioração do farelo de arroz, logo após a sua obtenção, é resultante da rápida degradação dos lipídios e elevação da acidez, devido, principalmente, à rancidez hidrolítica e oxidativa (ALENCAR; ALVARENGA, 1991; SAUNDERS, 1990). Portanto, as enzimas responsáveis pela rancificação (lipoxigenases e lipases), devem ser inativadas por meio de tratamento térmico (SAUNDERS, 1990). A aplicação de calor para inativação enzimática do farelo de arroz pode ser realizada por meio de torração.

Segundo Alencar e Alvarenga (1991), a adição do farelo torrado aos alimentos não modifica o seu sabor. Além disso, pode substituir parcialmente outras farinhas no preparo de pães, bolos, tortas, biscoitos e outras preparações na indústria alimentícia.

No processo de torra ocorre o desenvolvimento de aromas, principalmente por meio da Reação de Maillard, que consiste em uma série de reações iniciadas pela condensação entre um grupo amino e um açúcar redutor. Ocorrem reações consecutivas e paralelas, incluindo oxidação, redução e condensação. Entre os vários produtos finais, destacam-se pigmentos marrons insolúveis, de pesos moleculares e teores de nitrogênio variáveis, conhecidos como melanoidinas, além da formação de compostos voláteis que contribuem para o aroma de muitos alimentos, que muitas vezes são desejáveis, como na torrefação do café e de cacau (AZEREDO; BRITO; GARRUTI, 2004).

Com a análise de farelos de arroz torrado de diferentes cultivares, por técnicas sensoriais descritivas, poderia-se avaliar o efeito do tempo de torração sobre os atributos sensoriais dos produtos obtidos. O Perfil Livre, técnica de análise sensorial descritiva, é baseado no princípio de que as pessoas percebem as mesmas características no produto, mesmo que se expressem de forma diferenciada. Cada provador caracteriza as amostras utilizando um perfil individual, dispensando treinamento. Os resultados são avaliados pela Análise Procrustes Generalizada (GPA), que elimina variações na descrição das amostras, permitindo detectar provadores com diferença na percepção e/ou falta de repetibilidade (MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001).

A qualidade nutricional e química de grãos de arroz varia consideravelmente. Isso pode ser atribuído a fatores genéticos, espessura das camadas anatômicas, tamanho, forma e resistência dos grãos a quebra, influências ambientais, tratamentos com fertilizantes, grau de moagem e condições de estocagem (ABDUL-HAMID et al., 2007). Estudos têm mostrado que o processo de estabilização do farelo de arroz, através do aquecimento em microondas, não resulta em mudanças prejudiciais nos principais nutrientes do farelo (RAMEZANZADEH et al., 2000).

No farelo de arroz há presença de fatores antinutricionais, como o inibidor de tripsina, ácido fítico, lectina, sendo a maioria degradados pelo calor (HAN et al., 1994). O ácido fítico (AF), desde a sua descoberta, tem sido categorizado como um componente antinutricional em cereais e leguminosas. Porém, várias pesquisas têm demonstrado os efeitos benéficos do ácido fítico para a saúde humana, como a diminuição do risco de doenças cardiovasculares e diversos tipos de cânceres (VERGHESE et al., 2006; VUCENIK; SHAMSUDDIN; COLE, 1997; ZHOU; ERDMAN, 1995).

As fibras do farelo de arroz são componentes que possuem boa capacidade de absorção de água e óleo e, por isso, podem contribuir para o desenvolvimento de uma enorme variedade de produtos industrializados que requerem estas propriedades (SAUNDERS, 1990).

Estas fibras são do tipo insolúvel, como hemiceluloses e lignina, consideradas importantes na prevenção do câncer de cólon. A fração de fibras insolúveis possui propriedades importantes, que incluem a capacidade de reter água, aumentar o volume fecal, diluir substâncias carcinogênicas presentes no conteúdo do intestino grosso, reduzir o tempo de trânsito no cólon e o contato entre os carcinógenos (DIAS et al., 1994). A crescente preocupação por uma alimentação saudável que, além de nutrir promova a saúde, coloca alguns alimentos e ingredientes na lista de preferência de um número cada vez maior de consumidores brasileiros (FREITAS; MORETTI, 2006).

Ultimamente, há uma tendência dos consumidores a associar barras de cereais com consumo de alimentos saudáveis, o que beneficia o mercado destes produtos (FREITAS; MORETTI, 2006). O farelo de arroz poderia ser utilizado na produção de barras de cereais em substituição a outros ingredientes, hoje muito utilizados, como os flocos de arroz e de milho.

A introdução de um ingrediente numa formulação pode provocar interações com outros componentes, com consequentes efeitos nas características físicas e sensoriais do produto final. No desenvolvimento de novos produtos, além das interações que podem ocorrer, há o problema da otimização das formulações, o que pode levar muito tempo e acarretar altos custos até se chegar no "produto desejado" (LOBATO, 2006). Planejamentos para misturas são utilizados para desenvolver modelos empíricos, objetivando formulações ótimas, onde as respostas dependem, somente, das proporções dos componentes presentes na mistura e não de suas quantidades absolutas (CORNELL, 1990). Assim, a utilização de um planejamento de misturas, com variados níveis de farelo de arroz torrado, flocos de milho e flocos de arroz, poderia ser utilizado para verificar a viabilidade do farelo de arroz torrado em microondas como ingrediente de barras de cereais ricas em fibras.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ASPECTOS GERAIS SOBRE O ARROZ

O gênero *Oryza*, da família das gramíneas possui várias espécies, dentre elas as mais comuns são a *Oryza sativa* L. e a *Oryza glaberrima* L. (ALENCAR; ALVARENGA, 1991; VIEIRA; CARVALHO, 1999).

No Brasil, o arroz é consumido principalmente na forma de grãos inteiros, e junto com o feijão, constitui o principal prato da dieta brasileira. O arroz é conhecido em função da forma de processamento pós-colheita, como branco, integral e parboilizado. O arroz branco, obtido a partir da brunição e polimento do grão integral é a forma mais utilizada na maioria das regiões brasileiras; o integral é pouco consumido, apesar de possuir mais nutrientes que o branco, e o parboilizado atinge cerca de 20% do total de arroz consumido no país (FERREIRA; PINHEIRO, 2003; VIEIRA; RABELO, 2006).

As definições de arroz polido, integral e parboilizado, estão regulamentadas pela Portaria Nº 269, de 17 de Novembro de 1988, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento do Brasil, sendo definido como arroz polido o produto que, ao ser beneficiado, retira-se o germe, a camada externa e a maior parte da camada interna do tegumento, podendo apresentar grãos com estrias longitudinais, visíveis a olho nu. Arroz integral é o produto do qual somente se retira a casca durante o beneficiamento, mantendo-se intacto o germe e as camadas interna e externa do grão, sendo obtido a partir do arroz em casca natural ou parboilizado, e o arroz parboilizado é o produto que, ao ser beneficiado, os grãos apresentam coloração amarelada, em decorrência do tratamento hidrotérmico utilizado, que eleva o teor vitamínico e de sais minerais do arroz (BRASIL, 1988).

O arroz é considerado pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) o alimento mais importante para a segurança alimentar do mundo. Além de fornecer um excelente balanceamento nutricional, é uma cultura extremamente rústica, o que faz dela a espécie de maior potencial de aumento de produção para o combate da fome no mundo (FAO, 2009).

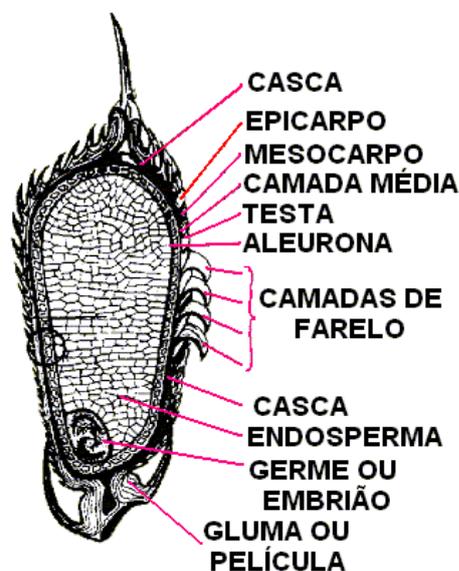
Assim como a produção, o consumo de arroz concentra-se nos países do sudeste asiático. Intimamente agregado à cultura da região, o consumo *per capita* de arroz nos países do sudeste asiático é muito superior aos dos demais países ocidentais. O consumo mundial de arroz é de aproximadamente 57,3 quilogramas por habitante por ano (base casca) e o consumo

brasileiro de arroz é de cerca de 52,5 quilogramas por habitante por ano. Apesar de ser inferior ao consumo mundial, este valor é considerado alto se comparado com o consumo per capita dos países desenvolvidos (16,7 kg / hab / ano) (FAO, 2009).

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

A operação de beneficiamento envolve descascamento, polimento, separação de quebrados, separação de grãos com defeitos, recomposição para tipificação (Tipo 1, 2, 3, 4, 5 e abaixo do padrão, com limites de grãos quebrados e com defeitos de acordo com a legislação, Portaria 269/88) e embalagem (AMATO; ELIAS, 2005).

Ao chegar do campo à Unidade de Beneficiamento de Sementes, principalmente após ser colhido mecanicamente, o arroz traz consigo grande número de impurezas: palhas, restos de plantas, terra, pedras, sementes de plantas daninhas de outras culturas, restos de insetos, entre outros; por meio de máquinas que usam ventiladores e peneiras é realizada a limpeza. Em seguida, ocorre o beneficiamento do grão de arroz, em que será obtido o produto final, podendo ser o arroz integral ou polido, sendo que a casca deve ser completamente removida, evitando a depreciação do produto. Após a retirada da casca, ocorre a brunição e o polimento, para remoção da película externa, denominada farelo, que envolve o grão integral originando o arroz branco polido (BRAGANTINI, 1999; FERREIRA; YOKOYAMA, 1999; WELCH, 1973).



**Figura 1.** Esquema detalhado do grão de arroz.  
Fonte: Nitzke e Biedrzycki (2004).

Reid, Siebenmorgen e Mauromoustakos (1998) definem o polimento como uma operação que remove a camada do farelo. De acordo com Amato e Elias (2005), o polimento é uma operação que apresenta muitas dificuldades, devido à dureza e à compacidade da cariopse porque as camadas exteriores ficam firmemente aderidas ao endosperma. É essencial que os grãos esbramados passem por meio de brunidores e polidores de cone, ou dotados de um cilindro horizontal, coberto por material abrasivo, para retirar o pericarpo, o perisperma e a camada de células aleurônicas. O polimento pode completar-se a seguir, utilizando uma máquina de fricção.

## 2.2 SISTEMAS DE CULTIVO E CULTIVARES DE ARROZ

No Brasil, existem dois sistemas básicos de cultivo do arroz: irrigado, com alta tecnologia e produtividade, e de terras altas, com produtividade menor, mas que vem apresentando significativa evolução tecnológica nos últimos anos (LANNA; FERREIRA; BARRIGOSI, 2003). Tanto o ecossistema de várzeas, sob o sistema de cultivo irrigado, quanto o de terras altas, sob o sistema de cultivo de sequeiro, desempenham importante papel na produção de arroz no Brasil (FERREIRA; PINHEIRO, 2003).

O cultivo do arroz irrigado ocorre em todas as regiões brasileiras, destacando-se a região Sul, principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, que participam com mais de 60% da produção nacional. Porém, com baixa rentabilidade, em função do alto custo de produção e de distorções de mercado, e devido à pequena variação de sistemas produtivos, que utilizam modernas técnicas de produção, permitindo elevada produtividade e grãos com características mais uniformes e de melhor aceitação no mercado (FERREIRA et al., 2005).

A cultura do arroz de terras altas (sequeiro) encontra condições favoráveis, devido as novas cultivares, de boa qualidade de grãos e classificação comercial igual ao do arroz irrigado. Assim, tem apresentado maior competitividade em relação ao arroz irrigado, devido à relação custo de produção/preço ao consumidor e as distâncias médias das zonas de produção às zonas consumidoras (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAES, 2006).

O arroz de terras altas é encontrado, predominantemente, no Brasil e, em menor proporção, no continente africano. É caracterizado pela condição aeróbica de desenvolvimento radicular da planta (GUIMARÃES et al., 2006). O cultivo do mesmo apresenta-se em ampla variabilidade de sistemas produtivos, com produtividade menor, mas

que vem apresentando significativa evolução tecnológica nos últimos anos (FERREIRA et al., 2005).

A qualidade do arroz de terras altas vem apresentando avanços, via melhoramento genético, sendo expressa pelo rendimento de inteiros; classe (Ex: longo, longo fino); tipo, observando-se a frequência de defeitos, a qualidade culinária, a maciez, a pegajosidade e o sabor (MORAIS et al., 2004).

Dentre as cultivares de arroz de sequeiro no Brasil, conhecido atualmente como “arroz de terras altas”, incluem-se a BRS Primavera e a BRS Sertaneja. Destaca-se como altamente competitiva no quesito qualidade de grãos, a cultivar BRS Primavera, lançada em 1996 e que até hoje tem destacada participação na produção, apesar de seus problemas agrônômicos. Além da tendência ao acamamento sob alta fertilidade, ocorreu quebra da sua resistência à brusone, doença economicamente mais importante da cultura do arroz, causada pelo fungo *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. Entretanto, o maior preço pago pela indústria compensa as eventuais perdas de produção (FERREIRA; PINHEIRO, 2003). É uma cultivar precoce de grãos longos e finos, indicada para plantio em áreas pouco ou moderadamente férteis, devido à sua tendência ao acamamento em condições de alta fertilidade. Merece atenção seu teor de amilose intermediário, pois esse atributo lhe confere boa qualidade culinária, ou seja, após o cozimento, os grãos permanecem macios e soltos (boa qualidade de panela), podendo ser consumida logo após a colheita, uma vez que exige-se tempo de “prateleira”, além da sua ampla adaptação a diferentes sistemas agrícolas devido suas características (Tabela 1) (LANNA; FERREIRA; BARRIGOSI, 2003).

A BRS Sertaneja é uma cultivar precoce, de grãos longos e finos, caracterizada por plantas vigorosas, moderadamente perfilhadoras, porte médio, folhas largas, e com mediana resistência ao acamamento. Suas panículas são longas e com elevado número de espiguetas. É uma cultivar de ampla adaptação, além de apresentar rendimento alto e estável, o que representa uma grande vantagem para os produtores que, por algum motivo, não possam colher a lavoura na fase ideal. O menor rendimento de grãos inteiros da BRS Sertaneja aos 25 dias após a floração é uma indicação de que o ponto ideal de maturação para a colheita desta é mais avançado que para a BRS Primavera. Quanto às propriedades de cocção, ou “qualidade de panela”, a BRS Sertaneja é muito similar à BRS Primavera, com excelente qualidade, sendo um produto que não necessita de longo tempo de estocagem antes do beneficiamento e comercialização (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAES, 2006; LOPES, 2007).

A IRGA 417 é uma cultivar de cultivo irrigado que pode ser caracterizado como grãos longos e finos, com alto teor de amilose; as folhas são curtas, eretas e pilosas, a casca possui

coloração amarelo-palha e de baixo porte. O sistema de cultivo irrigado requer disponibilidade de água, condições climáticas e extensão territorial (SANTOS; RABELO, 2008).

**Tabela 1** – Características dos grãos das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417.

Características	BRS Sertaneja	BRS Primavera	IRGA 417
Comprimento (cm)	0,77	0,75	0,72
Largura (cm)	0,22	0,21	0,20
Espessura (cm)	0,18	0,16	0,18
Classe	Longo fino	Longo fino	Longo fino
Rendimento de inteiros (%)	57 (alto/estável)	51,4 (médio/instável)	62,0 (alto/estável)
Teor de amilose	Intermediária	Intermediária	Alto

Fonte: BRESEGHELLO et al. (2006); FONSECA et al. (2007) e IRGA (2009).

### 2.3 FARELO DE ARROZ

Como subprodutos do beneficiamento e processamento do arroz em casca, resultam o arroz quebrado, a casca e o farelo (VIEIRA; CARVALHO, 1999). O Ministério da Saúde, através do “Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelo” (Resolução Nº 263, de 22 de setembro de 2005), define farelos, em geral, como “os produtos resultantes do processamento de grãos de cereais e/ou leguminosas, constituídos principalmente de casca e/ou gérmen, podendo conter partes do endosperma e descreve que a designação do farelo deve ser seguida do nome comum da espécie vegetal utilizada (EMBRAPA, 2008).

O farelo de arroz consiste de algumas camadas externas do arroz integral que são retiradas para a produção do arroz polido (HOFFPAUER, 2005). O odor do farelo de arroz é caracterizado como suave, mas também é descrito como rançoso, devido à rápida deterioração, o que limita sua utilização como ingrediente para o processamento de alimentos. O sabor do farelo é considerado levemente doce e amargo. Apesar dos compostos responsáveis pelo sabor do farelo de arroz ainda não serem conhecidos, é possível que o sabor doce seja resultante da presença de alto conteúdo de açúcares no farelo e gérmen, e o amargo, pela presença de saponinas (LUH; BARBER; BARBER, 1991).

No Brasil, o farelo de arroz é um produto de baixo valor comercial, usado para extração de óleo, como ingrediente de ração animal e fertilizante orgânico. Pode ser

encontrado em estabelecimentos de produtos naturais, como produto rico em fibras, e ser utilizado tostado em multi-misturas para famílias de baixa renda (SILVA; SANCHES; AMANTE, 2006).

A composição química e nutricional do farelo de arroz depende, consideravelmente, de fatores genéticos, de influências ambientais, do uso de fertilizantes e das técnicas de moagem utilizadas, assim como das condições de conservação (ABDUL-HAMID et al. 2007; HOUSTON; KOHLER, 1970; SLAVIN; LAMPE, 1992). O farelo de arroz contém cerca de 15% de proteínas, 22% de gorduras, 3-8% de açúcares, 10% de umidade e cerca de 3,2 kcal g<sup>-1</sup>, sendo considerado fonte de vitaminas do complexo B. O teor de amido é variável, devido à presença de endosperma, resultante da quebra do grão durante o beneficiamento (AHMED et al., 2007; SLAVIN; LAMPE, 1992). Devido à ausência de glúten no farelo de arroz, este pode ser utilizado por pessoas intolerantes a essa proteína, o que é uma vantagem em relação aos farelos de trigo, aveia, cevada e centeio (HAMMOND, 1994).

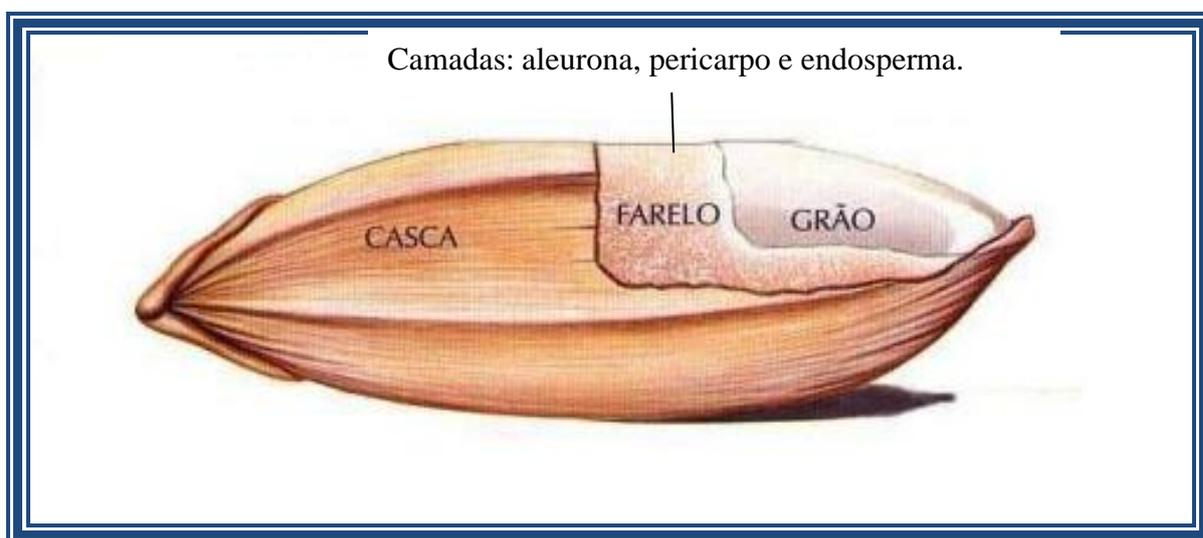
O farelo de arroz tem composição de ácidos graxos balanceada, pois possui uma combinação de ácidos graxos saturados, monoinsaturados (40-50% de ácido oléico), polinsaturados (30-40% de ácido linoléico) e alto conteúdo de tocoferóis, o que confere ao óleo de farelo de arroz uma boa qualidade nutricional. Além disso, o farelo de arroz é uma rica fonte de fitoquímicos bioativos. Estes incluem as fibras alimentares, os fitoesteróides, o  $\gamma$ -oryzanol, os tocoferóis e os tocotrienóis, o ácido ferúlico e outros compostos fenólicos presentes como constituintes menores, como o ácido lipóico e co-enzimas. Dentre estes compostos, o  $\gamma$ -oryzanol tem sido considerado um potente antioxidante (AHMED et al., 2007; HUI; BAILEY, 1996; SAUDERS, 1990).

A atual consciência da população de que a alimentação tem uma influência direta sobre a manutenção da saúde e prevenção de doenças, tem levado à procura de novos bioativos fitoquímicos ou produtos alimentares (AHMED et al., 2007). Estudos têm demonstrado que o farelo de arroz reduz doenças cardiovasculares por meio da redução do colesterol, assim como trombose e formação de úlcera, devido a alto teor dos fitoquímicos,  $\gamma$ -oryzanol, tocoferol e tocotrienol (AHMED et al., 2007; ALENCAR; ALVARENGA, 1991).

O farelo de arroz contém pequenas quantidades de minerais: ferro (80% do ferro do grão), alumínio, cálcio, cloro, sódio, potássio, magnésio, manganês, fósforo, silício e zinco. A composição mineral do farelo de arroz depende da disponibilidade de nutrientes do solo em que a cultura é cultivada (LUH; BARBER; BARBER, 1991).

Os níveis de brunição e polimento afetam o conteúdo total de carboidratos presente no farelo, assim como o teor de fibra alimentar, sendo estas fibras compostas, principalmente,

por celulose, hemicelulose e lignina. O conteúdo de fibra alimentar varia em função do grau de moagem e amido presente (LUH; BARBER; BARBER, 1991; SAUNDERS, 1990). A fibra alimentar pode fornecer ações benéficas ao organismo, como diminuição do colesterol sanguíneo, devido à excreção de ácidos biliares, esteróis e gordura; proteção contra o câncer; aumento do trânsito intestinal; intervenção no metabolismo de lipídios e de carboidratos e na fisiologia do trato gastrointestinal (ABDUL-HAMID; LUAN, 2000; CARVALHO, 1995).



**Figura 2** – Grão de arroz  
Detalhe: constituintes do farelo  
Fonte: Alencar; Alvarenga (1991)

## 2.4 FIBRA ALIMENTAR

A “American Association of Cereal Chemists”, define as fibras alimentares como substâncias capazes de promoverem efeitos fisiológicos benéficos, incluindo efeitos laxativos e/ou atenuação do colesterol e glicose sanguíneos. As fibras alimentares consistem de partes comestíveis de plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Estão incluídos, assim, os polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias vegetais associadas (AACC, 2001).

A Comissão do Codex Alimentarius, através de uma comissão intitulada “Codex Committee on Nutrition and Foods for Specialty Dietary Uses” propôs a seguinte definição: “Fibra alimentar consiste de material comestível, não digestível, composto por polímeros de carboidratos, com grau de polimerização maior que três, processados (via física, enzimática

ou química) ou sintéticos”. Portanto, a fibra alimentar não é digerida nem absorvida no intestino delgado e tem pelo menos uma das seguintes propriedades: aumenta a frequência das evacuações, estimula a modulação colônica, reduz os níveis de colesterol, e a glicemia pós-prandial e/ou os níveis de insulina (DUXBURI, 2004).

Todas as fibras possuem capacidade, em meio aquoso, de atrair a água até certo limite. A fibra alimentar é constituída por diferentes tipos de polissacarídeos (com exceção da lignina) com propriedades e características muito específicas. A capacidade de retenção, absorção de moléculas orgânicas e a adsorção de água ocorrem por fixação na superfície da fibra e absorção no interior da estrutura macromolecular. As fibras solúveis apresentam uma estrutura de polissacarídeos que possibilita a fixação de água. Esta fixação pode ocorrer por diferentes mecanismos: por via química, fixando a fibra aos grupos hidrófilos dos polissacarídeos; por acúmulo na matriz (fora da célula) e por acúmulo nos espaços interparietais (BUENO, 2005; MCCANN; ROBERTS, 1991).

A capacidade que a fibra alimentar tem para reter água é de suma importância, em relação à formulação e ao processamento de alimentos ricos em fibras. Fisiologicamente, também é importante a capacidade de retenção da água, já que a quantidade retida resultará em uma função específica no organismo. São diversos os fatores que influenciam a capacidade de retenção da água que apresenta uma fibra, entre os quais podem ser mencionados, o tamanho da partícula, o pH e a força iônica. Esta propriedade é importante em processos como a extrusão, no qual o material que se introduz no extrusor será umidificado bem antes do processo ou durante o mesmo (MCCANN, ROBERTS, 1991).

A distinção entre as fibras solúveis e insolúveis está baseada na solubilidade em solução enzimática de pH controlado, como é o caso no sistema alimentar humano. Essas duas frações possuem funções fisiológicas e benefícios nutricionais distintos. Fibras alimentares insolúveis (FAI) são fermentadas lenta e incompletamente, tendo efeitos mais pronunciados nos hábitos intestinais (abaixam a pressão intracólica) e diminuem o risco de hemorróidas e das doenças diverticulares do cólon (hérnias da mucosa intestinal), dentre elas incluem-se a celulose, a hemicelulose e a lignina (JONES, 2001; RODRIGUEZ et al., 2006; WANKENNE, 1999).

Fibras alimentares solúveis (FAS) são viscosas e gomosas, com alta capacidade de absorção de água, apresentam efeitos principalmente sobre a absorção de glicose e lipídios no intestino delgado e são facilmente fermentadas por bactérias no cólon, além disso, os ácidos graxos de cadeia curta, resultantes da sua fermentação, inibem uma enzima envolvida nas primeiras etapas da síntese do colesterol, reduzindo, portanto, os níveis do mesmo no sangue.

As fibras solúveis incluem os oligossacarídeos, pectinas e  $\beta$ -glucanas (JONES, 2001; MORRIS, 1992; RODRIGUEZ et al., 2006).

As fibras de cereais, geralmente, são insolúveis, enquanto que as fibras de outros vegetais, como frutas e nozes contêm alta proporção de fibras solúveis (THEBAUDIN et al., 1997). Muitas características das fibras, importantes para a funcionalidade fisiológica, também são vitais para a funcionalidade das fibras como ingredientes em alimentos. Por exemplo, as fibras podem ser usadas para melhorar ou modificar a textura de produtos alimentícios, através da retenção de água ou gordura. As características das fibras, incluindo propriedade de hidratação, podem ser modificadas através de processamentos, como a moagem ou extrusão para melhoria da sua funcionalidade (TOSH; YADA, 2010).

Os efeitos de processamentos no conteúdo e composição de fibras alimentares têm sido amplamente estudados e relatados para uma vasta gama de técnicas. Vários estudos avaliaram os efeitos de modificar as propriedades físico-químicas das fibras alimentares, através de diversos tratamentos de processamentos, visando à melhoria da sua funcionalidade como ingredientes alimentares (JENKINS et al., 2006; RODRIGUEZ et al., 2006; TOSH; YADA, 2010).

## 2.5 ÁCIDO FÍTICO

Os compostos antinutricionais presentes no farelo de arroz são a fitina, o inibidor de tripsina e a hemaglutinina (lectina). A maioria destes compostos são degradados pelo calor, com exceção da fitina. O ácido fítico (AF) está presente em todo o reino vegetal e liga-se aos fosfatos, aos sais insolúveis de ferro, ao cálcio, ao zinco e ao magnésio, tornando-os compostos biologicamente inativos, sendo assim denominado antinutriente. O grau de ação inibitório dos inositol fosfatos na absorção mineral depende do grau de fosforilação (BRUNE et al., 1992; HAN et al., 1994).

O AF ou ácido *mio*-inositol hexafosfórico, é encontrado na maioria das leguminosas, nos cereais e nos tubérculos, representando a reserva primária de fósforo. O AF pode existir na forma de ácido livre, fitato (sal de cálcio do AF) ou fitina (sal de cálcio/magnésio do AF) dependendo do pH e íons metálicos presentes. A completa hidrólise do AF resulta em inositol e fosfatos inorgânicos (OATWAY; VASANTHAN; HELM, 2001). A hidrólise enzimática, decorrente de fosfatases denominadas fitases, ou química (aquecimento em condições ácidas ou alcalinas) resulta na formação dos seguintes produtos de degradação: inositol pentafosfato

(IP5), inositol tetrafosfato (IP4), inositol trifosfato (IP3), inositol bifosfato (IP2) e inositol monofosfato (IP1) (COSGROVE, 1966).

A degradação do AF ocorre durante o processamento do alimento e no trato gastrointestinal. Esta degradação é de grande importância nutricional, pois a ligação do AF com minerais diminui, aumentando a solubilidade quando os grupos fosfatos são removidos do anel inositol e, conseqüentemente, aumentando a biodisponibilidade dos íons (SANDBERG, 2002).

Quando um alimento é submetido a um processo de hidratação, cozimento, extrusão, irradiação, fermentação entre outros, a quantidade de fitato diminui, dependendo do tipo e da maneira como o processo é aplicado. No caso do processo de extrusão, a degradação do AF não é alta (< 30%), pois o alimento é submetido a altas temperaturas por um curto tempo. Em muitos casos, a redução do fitato não é completa, portanto o AF restante pode alterar as características funcionais do alimento (SATHE; REDDY, 2002).

Devido ao AF ocorrer de forma simultânea com seus sais em muitos grãos, os pesquisadores não distinguem entre estas formas. O AF é um quelante de minerais como cobre, cálcio, magnésio, zinco e ferro. A habilidade quelante deste ácido o torna importante para a nutrição animal e humana. A maioria dos complexos minerais formados com o AF é insolúvel, tornando-os indisponíveis para a absorção em condições fisiológicas normais (SATHE; REDDY, 2002).

O AF apresenta natureza iônica e, pode ligar-se diretamente com grupos carregados positivamente ou indiretamente com grupos carregados negativamente de proteínas, mediado com uma carga positiva do íon mineral, por exemplo, o cálcio. Os complexos resultantes, proteína-fitato e fitato-mineral-proteína são insolúveis, dificultando a hidrólise durante a digestão, diminuindo a digestibilidade e biodisponibilidade da proteína. O fitato, também, é capaz de combinar-se com o amido, através de ligações de pontes de hidrogênio com o grupo fosfato, resultando na diminuição de sua solubilidade e biodisponibilidade (SATHE; REDDY, 2002).

Thompson e Yoon (1984) realizaram testes de diálise *in vitro* para verificar o efeito do AF na digestibilidade do amido, sendo observada uma redução de 28% e 60% em 1 h e 5 h de diálise respectivamente. Neste caso, o AF pode ter quelado o cálcio, que é essencial para estabilizar a ação da  $\alpha$ -amilase.

O aspecto antinutricional característico do AF é devido a sua capacidade quelante, deste modo, estudos avaliam a ação do AF na digestibilidade, solubilidade e funcionabilidade do alimento (OATWAY et al., 2001).

A propriedade quelante do AF é de grande importância, pois é responsável pela ação antioxidante (AHN et al., 2004; GRAF; EATON, 1990; MINIHANE; RIMBACH, 2002). Por exemplo, quando um fitato forma um complexo com os íons ferro, cobre, zinco ou magnésio, age como antioxidante, pois estes íons são responsáveis por acelerar a ocorrência de reações de oxireduções no organismo, por catalisar oxidações lipídicas (GRAF; EATON, 1990). Assim, o AF é um antioxidante de ocorrência natural, sendo um poderoso inibidor da formação do radical hidroxil (EMPSON; THEODORE; GRAF, 1991).

Pesquisas têm relatado possíveis efeitos benéficos dos alimentos contendo fitato para a saúde, podendo ser citados a diminuição do risco de doenças cardiovasculares, do índice de colesterol e de triglicerídeos no sangue (ZHOU; ERDMAN, 1995), da formação de cálculos renais e ação contra alguns tipos de cânceres (VERGHESE et al., 2006; YANG; SHAMSUDDIN, 1995).

O aumento da ingestão de alimentos contendo AF pode ser benéfico, pois irá diminuir a biodisponibilidade do íon ferro, já que a elevada concentração deste mineral no organismo pode estar associada com o aumento no risco de doenças cardíacas, provavelmente devido ao ferro mediar a formação de radicais livres e, conseqüentemente, a peroxidação lipídica (GRAF; EATON, 1990).

Estudos têm indicado o AF como um componente da fibra alimentar, podendo diminuir o nível de colesterol através da absorção dos íons zinco e cobre, diminuindo o risco de hipercolesterolemia, que é um fator importante para as doenças cardíacas. Pesquisas realizadas com ratos demonstraram que uma dieta suplementada com AF resultou na diminuição do nível de colesterol e triglicerídeos (ZHOU; ERDMAN, 1995).

O AF apresenta atividade inibitória na ingestão e absorção de amido, pois através de ligações de hidrogênio, é capaz de combinar-se com o amido, de forma indireta, via proteínas, ou combinar-se com amilase ou seus cofatores como  $\text{Ca}^{2+}$ . Estudos demonstram que, o aumento na ingestão de AF, através de cereais e leguminosas, está relacionado de forma negativa com o índice glicêmico, sugerindo que o AF pode diminuir a digestão e absorção do amido (JENAB; THOMPSON, 2002).

## 2.6 ESTABILIZAÇÃO DO FARELO DE ARROZ

A estabilização do farelo de arroz é um desafio para a produção de alimentos com qualidade e sabor aceitáveis. Devido ao alto teor lipídico, o farelo de arroz contém substrato favorável ao desenvolvimento de ranço logo após a moagem (MUJAHID et al., 2003), sendo as lipases e lipoxigenases as principais enzimas causadoras da degradação do farelo. Tais enzimas são responsáveis por hidrolizar o óleo, aumentando o conteúdo de ácidos graxos livres, mono e diacilglicerídeos, que promovem sabores e odores de ranço (RAMEZANZADEH et al., 2000, SAUNDERS, 1990). A resistência destas biomoléculas no farelo de arroz depende da temperatura, do tempo e da umidade do farelo durante o tratamento térmico. Além disso, as condições de estocagem podem favorecer o crescimento de bactérias, fungos e insetos, prejudicando a qualidade do produto e, conseqüentemente, promovendo a ativação das enzimas (HOFFPAUER, 2005; LUH; BARBER; BARBER, 1991).

A inibição completa da degradação de lipídios em alimentos não é possível, mas vários métodos são utilizados para retardar esse processo. A prevenção é a maneira mais indicada para o controle da oxidação e inclui a utilização de boas práticas durante o processamento, tratamento térmico, eliminação do oxigênio atmosférico, redução de energia (luz, calor), armazenamento do produto a baixa temperatura e evitar contato com metais, como cobre, ferro e manganês (ARAÚJO, 2004). No entanto, se o farelo é submetido a um tratamento térmico imediatamente após moagem, a atividade das enzimas é destruída e o farelo é estabilizado (SAUNDERS, 1990).

Os métodos mais eficazes para estabilização do farelo incluem tratamento térmico com aplicação de calor seco, calor úmido, utilização de microondas, além do uso de produtos químicos, tais como ácido clorídrico, ácido acético, propanal e acrilonitrila (SILVA; SANCHES; AMANTE, 2006). Vários métodos de estabilização têm sido estudados para combater a deterioração do farelo de arroz. Cozimento por extrusão (SAYRE et al., 1982), aquecimento em microondas (HAFEZ et al., 1985; TAO; RAO; LIUZZO, 1993) e radiação  $\gamma$  (RAMARATHNAM et al., 1989).

O método tradicional para a estabilização do farelo de arroz nos EUA é a extrusão termoplástica, com temperatura de 125-135 °C, por um a três segundos, e umidade do produto entre 11-15% (SAUNDERS, 1990). A extrusão e a parboilização são métodos efetivos para a estabilização do farelo com inativação de enzimas, o que, conseqüentemente, minimiza a hidrólise dos triglicerídios ao longo do período de armazenamento (seis meses), sugerindo

que estes tratamentos são efetivos para a prevenção da rancificação hidrolítica em farelos de arroz extrusado e parboilizado armazenados à temperatura ambiente (LACERDA, 2008).

A estabilização do farelo de arroz por microondas foi estudada por Ramezanzadeh et al. (2000), à potência de 850 W e 2500 MHz. O farelo de arroz foi pré-aquecido durante 3 min, à 100% da potência, e a teor de umidade do farelo cru foi ajustado de 7,5 à 21 %, conforme descrito por Tao (1989 apud Ramezanzadeh et al. 2000) e Malekian (1992 apud Ramezanzadeh et al. 2000). Ramezanzadeh et al. (2000) relataram que o farelo de arroz aquecido em microondas não sofre alteração na sua composição centesimal em comparação com as amostras de farelo cru, mantidos sob condições de armazenamento similar. A estabilização do farelo de arroz, através do aquecimento de microondas, pode ser utilizada sem a preocupação quanto a mudanças prejudiciais às concentrações de nutrientes no farelo.

## 2.7 FORMAÇÃO DE COMPLEXOS AMIDO-LIPÍDIOS

O amido é o principal componente de reserva das plantas e representa o maior componente da dieta da população mundial, sendo grande fonte de energia (CUI; OATES, 1999). Seu grânulo é constituído por duas principais macromoléculas de polissacarídeos, amilose e amilopectina. A amilose é essencialmente linear, com ligações glicosídicas  $\alpha(1\rightarrow4)$ , que dão à cadeia de amilose a possibilidade de formar complexos de inclusão helicoidal com vários ligantes. Já a estrutura da amilopectina é explicada pela presença das ligações glicosídicas  $\alpha(1\rightarrow4)$  como a amilose e das ligações glicosídicas  $\alpha(1\rightarrow6)$  responsáveis pelas cadeias ramificadas (SVENSSON; GUDMUNDSSON; ELIASSON, 1996).

A funcionalidade do amido depende da média molar desses dois componentes (amilose e amilopectina), assim como de sua organização molecular dentro do grânulo. Os grânulos de amido contêm regiões cristalinas e amorfas, e cada fonte de amido tem um determinado grau de cristalinidade, com características distintas de energia associada com as propriedades de gelatinização (BELLO-PERÉZ et al., 1998).

Certos amidos contêm lipídeos em sua composição e em muitos sistemas alimentícios, os mesmos podem ser adicionados. Segundo Buléon et al. (1998), amidos de cereais apresentam teores de lipídeos que podem variar de 0,8 a 1,2 e de 0,6 a 0,8% para amidos de trigo e milho, respectivamente, os quais não podem ser extraídos com facilidade. Como consequência, parte dos lipídeos permanece nos amidos de cereais, sendo responsáveis pela

fixação de cor, desenvolvimento de aromas e formação de complexos. Nos amidos de tubérculos, os teores de lipídios são naturalmente baixos, o que faz destes amidos os mais neutros e menos sujeitos a formação de complexos, como é o caso da batata que apresenta aproximadamente 0,1% de lipídios.

Os lipídios presentes nos amidos de cereais diferem em quantidade e tipo. Morrison (1988) destaca os ácidos graxos linoléico (18:2) e palmítico (16:0) como componentes principais na maioria dos cereais, mas há traços de outros ácidos graxos diferentes, além de ácidos graxos livres e lisofosfolipídeos.

Amidos e lipídeos fazem parte de muitos alimentos, e o estudo das interações entre estes dois constituintes tem sido bem estudados. Em sistemas alimentícios, complexos amilose-lipídeos formados com monoglicerídeos, ácidos graxos livres, lisofosfolipídeos ou surfactantes são de grande interesse, pois podem modificar as propriedades funcionais dos produtos alimentícios, além do comportamento e propriedades de gelatinização e retrogradação do amido (ELIASSON, 2004; KARKALAS et al., 1995).

A complexação amido-lipídio tem importante influência na textura, digestibilidade e aceitabilidade do consumidor aos alimentos à base de amido (RADHIKA; MOORTHY, 2008).

A complexação de amilose e lipídios é, sob condições adequadas, seguida por cristalização. Sob temperaturas menores que 60 °C forma-se o complexo amilose-lipídio do “tipo I” ou “tipo amorfo”, o qual apresenta baixa temperatura de dissociação (< 100 °C). Ao contrário, temperatura de complexação maiores que 90 °C (microondas) produz um complexo amilose-lipídio do tipo “semicristalino” ou “tipo II” (GELDERS et al., 2004). Uma distinção é feita entre complexo amilose-lipídio dos tipos II a e II b, baseado no grau de cristalinidade. Complexos do tipo II b têm uma temperatura de fusão mais alta que os do tipo II a, mas ambos acima de 100 °C (SENEVIRATNE; BILIADERIS, 1991). As temperaturas de dissociação são dependentes do comprimento da cadeia do ácido graxo e de seu grau de insaturação (SNAPE et al., 1998).

## 2.8 FORMAÇÃO DE COMPLEXOS PROTEÍNA-LIPÍDIOS

As proteínas são conhecidas por formar complexos com uma variedade de substâncias, incluindo lipídios e fosfolipídios. No entanto, a maioria destes complexos são instáveis e

podem ser facilmente alterados para seus componentes originais, como por extração com sistemas de solventes adequados (MOHAMED; HILL; MITCHELL, 2000).

A formação de complexos proteína-lipídios pode resultar em aglomeração de grupo amino de L-lisina, a oxidação do grupo sulfeto de L-metionina ou mudanças de outros aminoácidos, principalmente o triptofano. Os complexos proteína-lipídios causam alterações na digestibilidade. Eles são o resultado de uma diminuição da taxa de lipólise dos lipídios pela lipase pancreática, assim como, uma redução da taxa e da extensão da proteólise pelas enzimas digestivas. A presença dos complexos proteína-lipídios pode afetar o sabor por ligação de compostos sem sabor ou pela formação de compostos de novo sabor. Eles afetam a cor como um resultado de reações de escurecimento. O efeito na textura é causado pela desnaturação das proteínas e ligação cruzada das cadeias de peptídeos (TAHA; MOHAMED, 2004).

## 2.9 AQUECIMENTO POR MICROONDAS

A energia de microondas é uma modalidade de radiação eletromagnética como a luz, radiação ultravioleta, raios-X, ondas de televisão, rádio AM e FM e radiação infravermelho (CUNHA, 1996). Para processos de aquecimento, as frequências utilizadas são de 915 MHz a 2.450 MHz (comprimento de onda de 32 cm e 12,5 cm, respectivamente, em espaço livre). Estas frequências têm sido utilizadas para aplicações industriais, científicas e medicinais. A maioria dos fornos de microondas domésticos opera a 2.450 MHz (MARSAIOLI JR, 1991).

As microondas são geradas pelo "magnetron", um tubo oscilador alimentado por um circuito eletrônico capaz de converter energia elétrica de frequência industrial (60 Hz) em energia eletromagnética de microondas (por exemplo, 2450 MHz). O campo eletromagnético se propaga na forma de onda eletromagnética, no interior de um guia de onda metálico (linha de transmissão), até ser injetada no aplicador (uma cavidade com paredes metálicas onde está o produto a aquecer). A penetração e o aquecimento de alimentos em um campo de microondas são praticamente instantâneos, em contraste com os métodos convencionais de aquecimento, onde o transporte de calor da superfície para o centro se dá 10 a 20 vezes mais lentamente (SILVA, 2005).

Teoricamente, os efeitos de aquecimento de energia de microondas sobre os componentes de vários alimentos podem diferir, significativamente, daqueles produzidos pelo aquecimento em forno convencional. A energia de microondas é uma fonte ímpar de energia,

porque produz calor dentro dos materiais processados. Esta propriedade resulta em tempos de processamento mais curtos, maior rendimento do produto final e, usualmente, em uma qualidade superior no produto, comparado ao obtido com técnicas convencionais de processamento (DECAREAU; PETERSON, 1986; TAKAGI; YOSHIDA, 1999).

O principal objetivo das pesquisas sobre as propriedades elétricas dos alimentos tem sido determinar mecanismos de interação entre alimentos e energia eletromagnética nas frequências de microondas, para facilitar o desenvolvimento de processos e produtos alimentícios. Essas propriedades determinam a quantidade de energia acoplada por um produto alimentício, sua distribuição dentro do produto e, conseqüentemente, o tempo e a frequência das microondas necessárias para o aquecimento dos alimentos em processos de transferência de energia por condução e radiação (MUDGETT, 1996).

O aquecimento de alimentos por microondas, nas frequências geralmente empregadas no processamento industrial dos alimentos, 915 e 2450 MHz, resulta do acoplamento de energia de um campo eletromagnético em uma cavidade de microondas. Essas interações levam à geração de calor instantânea dentro do produto, devido ao “atrito molecular”, primariamente 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. Esses efeitos estão, predominantemente, relacionados com os constituintes iônicos aquosos dos alimentos, seus constituintes sólidos associados e sua dissipação dentro do produto. Isto resulta em elevação de temperatura instantânea dentro do produto, em contraste com os processos de aquecimento convencionais que transferem energia da superfície, com constantes térmicas de tempo longo e lenta penetração de calor (BUFFLER, 1992).

Um material dielétrico pode ser definido como aquele que interage com um campo elétrico porque contém portadores de cargas que podem ser deslocados, uma vez que, todos os materiais consistem de um núcleo atômico positivo envolto por uma nuvem eletrônica negativa. A interação de um campo elétrico com um dielétrico tem sua origem devido às partículas carregadas com as cargas do campo aplicado. Assim, quando um campo elétrico externo é aplicado, os elétrons são levemente deslocados em relação ao núcleo e então, momentos dipolos são induzidos, causando o que é conhecido como polarização eletrônica dos materiais (VON HIPPEL, 1995).

Senise (1985) relata que as radiofrequências e microondas são empregadas para o aquecimento de materiais dielétricos, ou seja, materiais que, além de maus condutores de eletricidade são, via de regra, também maus condutores térmicos. As características de

aquecimento dos alimentos por microondas estão relacionadas não somente com as suas propriedades dielétricas, como também às propriedades de transmissão peculiares aos processos de aquecimento dielétrico e às propriedades térmicas e de transporte, que afetam as transferências de calor e massa em ambos os processos de aquecimento, convencional e dielétrico. O aquecimento de alimentos por microondas resulta do acoplamento de energia elétrica de um campo eletromagnético em uma cavidade de microondas e de sua dissipação dentro do produto. Isto resulta em elevação de temperatura instantânea dentro do produto, em contraste com os processos de aquecimento convencionais que transferem energia da superfície, com constantes de tempo térmicas longas e lenta penetração de calor (GOLDBLITH, 1967).

As aplicações tecnicamente possíveis de microondas em eletrotermia industrial são numerosas, sendo que suas principais aplicações são (SENISE, 1985):

- *Na indústria de alimentos:* secagem de massas alimentícias, desidratação a vácuo, branqueamento, esterilização, pasteurização, cozimento e descongelamento de carnes.
- *Na indústria do papel e gráfica:* secagem de tintas e revestimentos e secagem de cola.
- *Na indústria química:* selagem de plásticos, secagem de produtos em pó, expansão de espumas, reações químicas incentivadas e eliminação de resíduos tóxicos.

A energia de microondas vem sendo testada em estudos de torração e secagem, onde os resultados obtidos foram bastante satisfatórios. Fadini (1998) relata que é possível a torração de cacau por microondas, em menor tempo, levando à obtenção de produtos com características sensoriais semelhantes às do produto torrado de forma convencional. Berteli e Marsaioli (2004) relataram que o tempo de secagem de macarrão curto, mediante a combinação de ar quente e microondas foi treze vezes menor quando comparado com o processo convencional de secagem. Foi testado por Silva e Marsaioli (2003), o uso de energia de microondas combinada com ar quente na secagem de amêndoas de castanha do Brasil, onde os tempos de secagens obtidos foram bem menores em relação ao tempo gasto na secagem convencional, tendo-se conseguido manter a preservação do produto final por até seis meses.

Sousa et al. (2001) estudaram o uso de microondas na secagem de bananas da cultivar *nanicão* e concluíram que os níveis de aceitação sensorial das amostras processadas por microondas foram bem superiores aos das amostras comerciais (nacionais e importadas), bem como à das amostras processadas por processo convencional de secagem. Já Marsaioli et al. (2003) concluíram que o uso de microondas e ar quente na secagem de café cereja descascado promoveu uma redução substancial no tempo de secagem e um melhor controle dos

parâmetros do processo, tais como a uniformidade e a estrutura dos grãos, levando a uma qualidade superior do produto. Ventrmani et al. (1992) mostrou que o aquecimento por microondas foi bastante eficaz na inativação de enzimas, presentes em farelos e germe de cereais.

## 2.10 TORRA DO FARELO DE ARROZ E SUA UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO

Alencar e Alvarenga (1991) realizaram o tratamento térmico do farelo de arroz por torra do produto peneirado (500 g), em panela, sobre chama fraca de um fogão doméstico (temperatura de 100-105 °C), mexendo-o constantemente durante 10 min. Observaram que não houve modificação da constituição do farelo, diminuindo apenas seu conteúdo de umidade, o que, possivelmente, favorece sua conservação.

A estabilização térmica a seco do farelo pode ser realizada em bandeja inoxidável, com agitação constante a 120 °C, por 20 min. A estabilização do farelo de arroz parboilizado foi comparada com a do farelo de arroz polido e observou-se que o tratamento térmico associado ao processo de parboilização contribuiu para um aumento na inibição de enzima lipolítica (SILVA; SANCHES; AMANTE, 2006).

A estabilização do farelo de arroz por microondas não contribuiu para alteração da composição centesimal do produto (ABDUL-HAMID et al., 2007; RAMEZANZADEH et al., 2000). Assim, o aquecimento do farelo de arroz por um tempo maior que 3 min poderia ser considerado como processo de torra, uma vez que produzirá aroma e sabor de produto torrado.

A torra por microondas pode ser usada para inativação da lipase para aumentar a vida-de-prateleira do farelo de arroz, além de que, quando estocado a temperaturas entre 4-5 °C, resulta em menor valor de ácidos graxos livres, durante dezesseis semanas de armazenamento, quando comparados com estocagem a 25 °C, além de produzir aroma e sabor de produto torrado, podendo ser utilizado como subproduto na alimentação humana (ABDUL-HAMID et al., 2007; RAMEZANZADEH et al., 1999).

Foram encontrados mais de 270 compostos voláteis no farelo cru, dos quais 170 foram identificados (JURUNRATTANASRI; THEERAKULKAIT; CADWALLADER, 2007). Os principais componentes identificados foram 4-vinilguaicol e 4-vinilfenol, ambos descritos como possuindo um odor característico desagradável (FUJIMAK et al., 1977 apud MAGA, 1984; TSUGITA et al., 1978 apud MAGA, 1984). Os compostos 4-vinilguaicol e 4-vinilfenol

podem ser obtidos a partir da descarboxilação térmica dos ácidos ferúlico e cumárico (STEINKE; PAULSON, 1964).

Durante a torra 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). Estudos sobre modelos de sistemas aquosos com precursores como a cisteína e ribose têm mostrado seu potencial em termos de formação de aromas e sabores torrados (HOFMAN; SCHIEBERLE, 1995).

A maior restrição para o uso do farelo de arroz para alimentação humana é sua alta instabilidade durante o armazenamento, devido à racificação lipídica logo após o beneficiamento. Assim, as principais potencialidades de aproveitamento do farelo de arroz são: extração do óleo comestível, aditivo em rações animais, adubo, extrato protéico, fonte de fibras e adsorventes (VIEIRA; CARVALHO, 1999). Na indústria alimentícia, pelo seu alto poder de absorção de óleo, o farelo de arroz apresenta grande potencial como emulsificante em produtos que contêm alto teor de gordura, como também em substituição a gomas comerciais e amidos modificados, usados como estabilizantes e emulsificantes em molhos prontos, líquidos ou não (HAMMOND, 1994).

A adição do farelo torrado aos alimentos não modifica o seu sabor. Além disso, o farelo pode substituir, parcialmente, outras farinhas no preparo de pães, bolos, tortas, biscoitos e outras preparações na indústria alimentícia (ALENCAR; ALVARENGA, 1991). O farelo de arroz contém alto teor de fibra, cerca até 25%. A fibra alimentar inclui a celulose, hemicelulose e pentosanas, sendo todas insolúveis; também contém até 2% de fibra solúvel. As fibras alimentares ajudam na modulação dos níveis de açúcares no sangue, diminuição do colesterol e prevenção de câncer de cólon (AHMED et al., 2007). Assim a incorporação do farelo de arroz em alimentos contribui com elementos nutricionais, além de propriedades funcionais, por ser fonte de fibra alimentar, proteína, sais minerais como o ferro e o cálcio (CARVALHO, 1995).

As fibras são componentes importantes do farelo de arroz. Por possuírem boa capacidade de absorção de água e óleo, podem ser utilizadas no desenvolvimento de uma enorme variedade de produtos industrializados. Como exemplo, pode-se citar citados os laxativos e as barras de cereais (MARSHALL, 1993).

## 2.11 BARRAS DE CEREAIS

A demanda por alimentos nutritivos e seguros está crescendo mundialmente, e a ingestão de alimentos balanceados é a maneira correta de evitar ou mesmo corrigir problemas de saúde como: obesidade, diabetes, desnutrição, cardiopatias, entre outros que têm origem, em grande parte, nos abusos alimentares. Busca-se, cada vez mais, a inserção de cereais na alimentação, mediante produtos versáteis, que possam ser preparados pelo consumidor. Neste sentido, vários alimentos ricos em fibras, proteínas, minerais e vitaminas vêm sendo elaborados em todo o mundo como, por exemplo, os *snacks* (TETTWEILER, 1991; SILVA et al., 2001).

Os *snacks* são definidos como pequenas refeições, leves ou substanciais, podendo estar relacionados com os atributos, saudável e/ou diversão. Vários são os produtos classificados com *snack*, dentre os quais pode-se citar as minipizzas, biscoitos, pipocas e as barras de cereais (TETTWEILER, 1991).

No Brasil, as barras de cereais foram direcionadas, inicialmente, aos atletas, conquistando, posteriormente, o público em geral (FREITAS; MORETTI, 2006). A indústria alimentícia vem despertando no consumidor a preocupação em ter uma dieta balanceada e saudável. Prova disso é que, depois do “bom” de alimentos diet/light, agora foi a vez dos chamados alimentos funcionais, que além de nutritivos, trazem benefícios para a saúde (TETTWEILER, 1991).

As barras de cereais atendem a esta tendência, pois ganham uma aceitação do consumidor, principalmente em termos nutritivos, devido a sua contribuição no teor de fibras alimentares. A popularidade desses produtos é refletida em tabelas nutricionais, que recomendam o aumento do consumo de fibras alimentares, pois se constatou que o baixo consumo deste nutriente pode implicar em fator de riscos de doenças, como: diverticulose, síndrome do colón irritado e até mesmo o câncer (DUTCOSKY et al., 2006).

As barras de cereais são elaboradas a partir da extrusão da massa de cereais de sabor adocicado e agradável, sendo fonte de vitaminas, de sais minerais, de fibras, de proteínas e de carboidratos complexos. Os cereais em barras têm multicomponentes e podem ser muito complexos em sua formulação. Os ingredientes devem ser combinados de forma adequada para garantir que se complementem mutuamente nas características de sabor, textura e propriedades físicas. As barras são, usualmente, produzidas a partir de granola ou cereais. Barras de cereais são produtos coextrusados, a partir de uma massa cozida com adição de pasta de frutas. Barras do tipo granola compreendem uma mistura de cereais com outros

produtos como: nozes, castanhas e frutas, formando a barra, a partir da mistura com compostos ligantes. Esses produtos são extrusados a frio e embalados (IZZO; NINESS, 2001).

Os principais aspectos considerados na elaboração das barras incluem a escolha do cereal (aveia, trigo, arroz, cevada, milho), a seleção do carboidrato apropriado, de forma a manter o equilíbrio entre o sabor e a vida-de-prateleira, o enriquecimento com vários nutrientes e sua estabilidade no processamento, o uso de fibra alimentar e o papel de isoflavonas como ingrediente funcional (O'CARROL, 1999).

As barras de cereais são produtos que utilizam uma diversidade de ingredientes e atendem a vários segmentos de consumidores preocupados com uma vida saudável. Os atributos sensoriais somados à procura por benefícios à saúde têm possibilitado o desenvolvimento de barras de cereais com novos ingredientes alimentícios, nutritivos e funcionais (PALAZZOLO, 2003). Mitchell e Boustain (1990) examinaram a opinião de consumidores de barras de cereais e constataram que, respostas associadas com alimento saudável e apelos, relacionando saúde e sabor, são as razões de compra do produto.

## 2.12 OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÕES E PLANEJAMENTO PARA MISTURAS

A otimização da formulação das barras de cereais com farelo de arroz poderá ser alcançada com técnicas estatísticas. Planejamentos de mistura são desejáveis para produtos alimentares que requerem mais que um ingrediente; para diferentes proporções de ingredientes na mistura, com níveis dependentes entre si e com a soma de todos os componentes igual a 1 ou 100% (HARE, 1974).

O objetivo da otimização de formulações é encontrar os melhores níveis para cada ingrediente e, com isso, reduzir o tempo dos testes. Existem vários métodos para a técnica de otimização em alimentos, mas o método mais utilizado é a metodologia de superfície de resposta, devido sua eficiência e simplicidade, cujos passos são: identificação do parâmetro a ser otimizado e variáveis a serem medidas; formulação do planejamento experimental; ajuste do modelo e estabelecimento da solução ótima (DE PENNA, 1999).

Nos delineamentos de misturas, os fatores estão representados pelas suas proporções na mistura e seus níveis não são independentes do restante. Assim, esta metodologia inclui os passos descritos para superfície de resposta. O sistema de coordenadas para as proporções da mistura designa-se como uma coordenada simplex. Para três ingredientes, um sistema

triangular de coordenadas define o espaço experimental e, assim, o efeito será definido como uma superfície de resposta representada por um gráfico triangular tridimensional (DE PENNA, 1999).

## 2.13 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é um método usado para medir, analisar e interpretar reações às características dos alimentos, utilizando os sentidos humanos (visão, olfato, gosto, tato e audição). É bastante aplicada para controlar, garantir e melhorar a qualidade do produto, desenvolvimento de novos produtos, estabelecer a preferência e aceitação de produtos, verificar a qualidade durante o armazenamento e a vida de prateleira do produto, entre outros (DE PENNA, 1999; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999) .

Existem vários métodos para essas determinações. Segundo a NBR 12994 da ABNT, os métodos sensoriais classificam-se em três principais: métodos discriminativos, descritivos e afetivos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993), Os testes discriminativos determinam diferença qualitativa e/ou quantitativa entre as amostras, já os métodos descritivos permitem identificar e quantificar as características das amostras estudadas e, normalmente, requer treinamento dos provadores. Por outro lado, nos testes afetivos, os provadores não são treinados, e irão avaliar o grau de aceitação e/ou preferência dos produtos (DE PENNA, 1999; DUTCOSKY, 1996). A avaliação da opinião do consumidor pode ser feita quanto ao produto de forma global ou sobre certas características do produto como cor, textura, brilho, sabor e outros atributos (STONE; SIDEL, 1993).

### 2.13.1 Análise sensorial discriminativa

Os testes discriminativos são aplicados no desenvolvimento de novos produtos, na alteração do processo de fabricação do produto, na competição de produtos, para redução de custo, entre outros. O objetivo dos métodos discriminativos é determinar diferença ou semelhança entre as amostras (DE PENNA, 1999).

O método Diferença do Controle mede o efeito da diferença entre as amostras, avaliando a diferença global, entre os atributos ou entre características específicas do produto avaliado. A análise dos resultados é obtida pela estatística paramétrica (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

### 2.13.2 Análise sensorial descritiva

A análise sensorial descritiva visa a caracterização de produtos em termos de seus atributos percebidos (componente qualitativo) e intensidades (componente quantitativo) (MUÑOZ; CIVILLE, 1998), desenvolvem descritores e empregam escalas para medida de suas intensidades, caracterizando e descrevendo os atributos sensoriais das amostras estudadas (MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001).

Existem diferentes métodos de análise descritiva que devem ser escolhidos, dependendo do produto a ser analisado, variáveis de processo e a resposta que se deseja. Usualmente, estes testes requerem provadores treinados e desenvolvimento de linguagem comum para descrever os atributos da amostra analisada. As vantagens e desvantagens dos métodos descritivos devem ser avaliadas no momento da escolha (MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001).

#### 2.13.2.1 Perfil Livre

O Perfil Livre (Free-choice Profiling) é uma técnica descritiva desenvolvida na década de 80 por Williams e Lagron (1984), que o propuseram como uma alternativa às análises descritivas tradicionais. É chamado livre, pois o provador tem a liberdade de utilizar os termos descritivos que desejar desde o início até o final da avaliação do produto (DAMÁSIO, 1999).

O Perfil Livre é uma técnica baseada no princípio de que as pessoas percebem as mesmas características no produto, mesmo que se expressem de forma diferenciada. Assim, os provadores têm a liberdade de utilizar termos descritivos na quantidade e da maneira que desejarem, não sendo necessário o aprendizado de uma linguagem em comum para a avaliação, assim cada provador caracteriza as amostras utilizando um perfil individual, dispensando treinamento (MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001; WILLIAMS; LANGRON, 1984).

Portanto, o Perfil Livre oferece algumas vantagens em relação aos métodos descritivos tradicionais: 1) elimina a necessidade de numerosas reuniões com a equipe de provadores para se chegar a um consenso com relação à terminologia descritiva dos produtos avaliados; 2) dispensa a etapa de treinamento dos provadores no uso de uma linguagem descritiva consensual com a equipe e 3) elimina a necessidade de quantificação consensual dos atributos, seleção final dos provadores e possíveis retreinamentos (DAMÁSIO, 1999; HEYMANN, 1994). A Tabela 2 compara características associadas aos métodos tradicionais com aquelas inerentes ao Perfil Livre.

**Tabela 2** – Etapas e números de sessões de avaliação associados ao método convencional Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e ao método Perfil Livre.

Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)				Perfil Livre	
Etapas			Sessões	Etapas	
				Sessões	
Listas	individuais	de	2 a 5	Listas individuais de atributos e definições dos atributos	2 a 5
Lista	consensual	de	2 a 5	Familiarização do provador com o uso do Perfil Livre	1 a 2
Treinamento	no uso	de	2 a 3	Número de sessões antes da avaliação das amostras	3 a 7
Seleção de provadores			3 a 4		
Retreinamento			0 a 1		
Número de sessões antes da avaliação			9 a 18		
Avaliação das amostras				Avaliação das amostras	

Fonte: Damásio (1999).

Os resultados são avaliados pela Análise Procrustes Generalizada (GPA), desenvolvida por Gower em 1975, cujo princípio é aproximar as configurações de cada provador a uma configuração de consenso ou matriz de consenso, maximizando as similaridades geométricas (DAMÁSIO, 1999; GOWER, 1975).

Os resultados de cada provador são avaliados como coordenadas em um espaço multidimensional, que são transformadas de maneira a evitar variação no uso da escala e diferentes intervalos de valores ou interpretações diferenciadas dos descritores. Permite, ainda, detectar diferenças na percepção e falta de repetibilidade, podendo-se eliminar os provadores problemáticos e realizar uma nova análise dos dados (DIJKSTERHUIS; GOWER, 1991; MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001).

As três principais transformações que ocorrem nos dados sensoriais nesta etapa da análise de forma a consensualizar as diferenças entre os julgamentos individuais dos provadores são: 1. Rotação: corrige a distância para as diferenças em termos usados (efeito de interpretação); 2. Translação: corrige a distância para o efeito de nível; 3. Autoescalonamento: corrige a distância para o efeito de faixa (DIJKSTERHUIS; PUNTER, 1990; WILLIAMS; ARNOLD, 1985).

A análise de GPA trata cada termo como se fosse um novo atributo para cada provador, eliminando o problema de provadores que atribuem significados diferentes para o mesmo atributo. Portanto, a técnica descritiva de Perfil Livre pode ser aplicada a qualquer tipo de alimento, com vantagem de maior rapidez e facilidade que os métodos tradicionais (DAMÁSIO, 1999).

### 2.13.3 Aceitação Global

Os testes de aceitação avaliam o grau que os consumidores gostam ou desgostam de um produto ou mais produtos e, embora não detectem a intenção de compra diretamente, são muito úteis como testes de pesquisa de mercado. Esses sim predizem a aceitação do produto junto ao mercado consumidor. É muito utilizado para comparar produtos concorrentes, desenvolvimento de novos produtos e melhoria da qualidade. Neste teste, o número de provadores deve ser aproximadamente de 50 indivíduos, se o objetivo da pesquisa for comparar a aceitação de várias amostras entre si e não realizar inferências quanto ao desempenho do produto junto ao mercado consumidor (STONE; SIDEL, 1993).

Os dados obtidos no teste de aceitação são submetidos à análise de variância (ANOVA) e Teste Tukey para comparação de médias, onde se verifica a ocorrência de diferença significativa entre as médias, em um determinado nível de confiança, que é normalmente 95% (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999; STONE; SIDEL, 1993).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa foi realizar a caracterização física, química e sensorial de farelo de arroz de três cultivares submetidos a diferentes tempos de torra em microondas e aproveitamento na alimentação humana.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar o grau de polimento, a renda do beneficiamento e o rendimento de inteiros das cultivares (cvs.) de arroz BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417;

Avaliar as características físicas (atividade de água e parâmetros instrumentais de cor) dos farelos de arroz cru e torrados por diferentes tempos em forno microondas, das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417;

Caracterizar sensorialmente os farelos de arroz das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 torrados em diferentes tempos em forno microondas, das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417;

Determinar a composição centesimal (umidade, cinzas, proteína, lipídios, fibra solúvel, fibra insolúvel, fibra alimentar total e carboidratos) dos farelos de arroz cru e torrados das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, em diferentes tempos em forno microondas;

Quantificar os teores de açúcares redutores, ácido fítico e fósforo total dos farelos de arroz cru e torrados das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, por diferentes tempos em forno microondas;

Formular barras de cereais e avaliar os efeitos dos teores de flocos de arroz, flocos de milho e farelo de arroz torrado em microondas (selecionado por meio de análise sensorial) nas características físicas (força de ruptura, densidade, atividade de água e parâmetros instrumentais de cor);

Comparar as características físicas (força de ruptura, densidade, atividade de água e parâmetros instrumentais de cor) das barras de cereais elaboradas com as de três barras de cereais comerciais;

Obter a formulação de uma barra de cereal com maior desejabilidade;

Caracterizar quimicamente (composição centesimal e açúcares redutores) as barras de cereais com diferentes percentuais de flocos de arroz, flocos de milho e farelo de arroz torrado em microondas, selecionadas por meio de análise sensorial;

Verificar a aceitabilidade global de três barras de cereais formuladas com diferentes teores de farelo de arroz torrado em microondas.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

Três cultivares de arroz foram utilizadas como matéria-prima para obtenção dos farelos, BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, sendo fornecidas pela Embrapa Arroz e Feijão, situada em Santo Antônio de Goiás - GO.

Para fabricação das barras de cereais foram utilizados como ingredientes o farelo de arroz torrado em microondas, selecionado por meio da análise sensorial, além de, flocos de arroz, flocos de milho, xarope de glicose, banana passa e canela, adquiridos no mercado local em Londrina – PR. A castanha de baru foi adquirida no mercado local em Goiânia – GO e o espessante goma guar foi fornecido pela Empresa Doremus, Guarulhos – SP.

Todos os reagentes utilizados na execução dos experimentos foram de grau analítico.

### 4.2 MÉTODOS

#### 4.2.1 Obtenção dos farelos de arroz

Os farelos de arroz foram extraídos na unidade de beneficiamento de arroz da Embrapa Arroz e Feijão, utilizando o beneficiador Zacaria, modelo Rural Z3. O grau de polimento, a renda do beneficiamento e rendimento de inteiros de cada cultivar foram determinados da seguinte forma:

- Grau de polimento (GP)

O grau de polimento foi calculado conforme a Equação 1 (MOHAPATRA; BAL, 2006).

$$\text{Grau de polimento}(\%) = \left[ 1 - \left( \frac{\text{massa de grãos polidos}}{\text{massa de grãos integrais}} \right) \right] * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

- Renda do beneficiamento

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 2) (BRASIL, 1988).

$$\text{Renda do beneficiamento (\%)} = \frac{\text{massa de grãos polidos (inteiros + quebrados)}}{\text{massa dos grãos em casca}} \quad (\text{Equação 2})$$

- Rendimento de inteiros

O rendimento de grãos inteiros foi determinado por meio do cálculo do percentual de grãos inteiros, resultantes do beneficiamento do arroz (Equação 3).

$$\text{Rendimento de inteiros (\%)} = \frac{\text{massa de grãos polidos (inteiros)}}{\text{massa dos grãos em casca}} \quad (\text{Equação 3})$$

#### 4.2.2 Torra dos farelos de arroz

Os farelos de arroz foram processados no Laboratório de Panificação, do Setor de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Goiás. Os farelos foram peneirados utilizando Tyler 42. Os teores da umidade dos farelos de arroz foram determinados em estufa com circulação de ar, a 105 °C, conforme descrito pelo método oficial nº 925.10 da *Association of Official Agricultural Chemists – AOAC* (1997). Os teores de umidade dos farelos foram ajustados para 21%, com objetivo de acelerar a inativação enzimática, conforme descrito por Ramezanzadeh et al. (2000). Para essa correção, utilizou-se a Equação 4. A quantidade de água necessária foi adicionada com borrifador manual, e a amostra homogeneizada em multiprocessador (Walita Master, Walita), por 30 seg.

$$\text{Correção do conteúdo H}_2\text{O nas amostras} = \left( \frac{100 - \text{conteúdo de umidade}}{100 - \text{umidade da amostra}} \right) - 1 * \text{massa da amostra} \quad (\text{Equação 4})$$

Em seguida, os farelos acondicionados foram torrados em bateladas de 150 g utilizando forno microondas, marca CCE, modelo M210, utilizando potência de 800 W e 2450 MHz. O microondas foi pré-aquecido à potência máxima (800 W), durante 3 min para estabelecer uma temperatura inicial constante e uniformizar as condições de torra.

Os tempos de torra foram pré-estabelecidos em testes preliminares. Nestes, foram testados vários tempos de torra, entre 3 e 21 min, pois com 3 min de torra, apesar das enzimas já estarem inativas (RAMEZANZADEH et al., 2000), os farelos não apresentaram sabor e aroma de produto torrado, e a partir de 21 min de torra, os farelos apresentaram forte aroma e sabor de queimado. Assim, para cada cultivar foram definidos cinco tempos de torra 6, 9, 12, 15 e 18 min (Tabela 3). Para evitar que as amostras queimassem, no intervalo de tempo de 0 a 12 min, estas foram revolvidas manualmente, com auxílio de uma colher, a cada 1 min. Após 12 min, o revolvimento ocorreu a cada 30 seg.

Após a torração, as amostras foram mantidas a temperatura ambiente, por um período de 1 h, para resfriamento. Posteriormente, foram embaladas à vácuo, em filme laminado (polietileno/ nylon/ polietileno), utilizando a embaladora Turbo Vac, modelo 4155, evitando desta maneira, a perda de aroma. Potes de vidro foram utilizados como embalagem secundária para evitar depreciação da embalagem primária, e caixa de papelão como embalagem terciária para evitar a fotoxidação. As amostras foram armazenadas a temperatura ambiente até a realização das análises.

**Tabela 3** – Sigla das cultivares para os diferentes tempos de torra

Cultivar	Tempo de Torra	Sigla
BRS Sertaneja	0 min	S0
BRS Sertaneja	6 min	S6
BRS Sertaneja	9 min	S9
BRS Sertaneja	12 min	S12
BRS Sertaneja	15 min	S15
BRS Sertaneja	18 min	S18
BRS Primavera	0 min	P0
BRS Primavera	6 min	P6
BRS Primavera	9 min	P9
BRS Primavera	12 min	P12
BRS Primavera	15 min	P15
BRS Primavera	18 min	P18
IRGA 417	0 min	I0
IRGA 417	6 min	I6
IRGA 417	9 min	I9
IRGA 417	12 min	I12
IRGA 417	15 min	I15
IRGA 417	18 min	I18

### **4.2.3 Análises físicas do farelo de arroz cru e torrado**

Para cada cultivar, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e três repetições. As amostras foram analisadas quanto as características físicas: parâmetros instrumentais de cor (luminosidade e coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ ) e atividade de água ( $A_w$ ). Os resultados das características físicas foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA). Para diferenciação de médias, os resultados foram analisados pelo Teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) e elaboraram-se as curvas de regressão e gráficos para cada cultivar, utilizando-se o programa Estatística 7.0 (STATSOFT, 2007).

#### **4.2.3.1 Parâmetros instrumentais de cor**

Para determinação dos parâmetros instrumentais de cor, empregou-se um colorímetro Byk Gardner GmbH, com iluminante D65 (luz natural do dia) e geometria 45/0. As amostras de farelo de arroz foram acondicionadas em placa de Petri, fazendo-se a leitura em triplicata. Determinaram-se diretamente os valores de  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (componente vermelho-verde) e  $b^*$  (componente amarelo-azul), assim como Wall e Gentry (2007) utilizaram para avaliar os parâmetros instrumentais de cor para amêndoa da noqueira macadamia torrada.

#### **4.2.3.2 Atividade de água**

Para determinação da atividade de água ( $A_w$ ), utilizou-se o aparelho Acqua Lab, modelo CX 10, a temperatura constante ( $24 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1$ ), fazendo-se as medições em triplicata, assim como Guimarães (2007) utilizou para obter o teor de  $A_w$  de ingredientes utilizados para fabricação de barras de cereais.

### **4.2.4 Análise sensorial do farelo de arroz torrado**

Os farelos de arroz torrados em forno microondas foram analisados, sensorialmente, em duas etapas: na primeira foi aplicado o teste de Diferença do Controle para cada cultivar separadamente, para avaliar se existia diferença entre as amostras de farelo de arroz torrado nos diferentes tempos e a amostra controle. Na segunda etapa foi realizado teste descritivo de Perfil Livre para caracterização das amostras selecionadas no teste de Diferença do Controle.

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Goiás, sob número de protocolo 181/09.

#### 4.2.4.1 Teste Diferença do Controle

O teste foi aplicado para estimar o grau de diferença, em relação ao aroma e o sabor, entre a amostra controle e as demais amostras de farelo de arroz torrado. A amostra controle foi definida como sendo a de menor tempo de torra (6 min).

Delineamento de Blocos Completos Casualizados foi utilizado para avaliar os dados obtidos no Teste Diferença do Controle, considerando-se os tratamentos (farelos com diferentes tempos de torra para cada cultivar), os blocos (provador) e os resíduos como fontes de variação.

O teste foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial, da Universidade Estadual de Londrina (UEL), em cabines individuais, utilizando luz vermelha, para mascarar a diferença de cor entre as amostras. Estas foram servidas à temperatura ambiente, em potes descartáveis transparentes, com tampa, na quantidade de 5 g cada amostra, totalizando, em média, um total de 25 g por provador.

No momento do recrutamento, os provadores foram informados das condições do teste, que não seriam obrigados a engolir as amostras, que poderiam ser cuspidas, que deveriam lavar a boca entre uma amostra e outra com água mineral, e que esta poderia ser cuspidas, recebendo informações sobre a qualidade do farelo de arroz torrado em microondas (obtidos a partir de arroz da safra 2008/2009, armazenados sobre condições adequadas de umidade e temperatura), e que o farelo foi torrado e logo em seguida realizado o teste sensorial e que não haveria risco para saúde dos provadores.

Para definição da ordem de apresentação das amostras foram consideradas todas as combinações possíveis, respeitando-se sempre a primeira posição para o padrão, e a apresentação para cada provador foi aleatorizada. Durante o teste, cada provador recebeu a amostra padrão, especificado com a letra P, e outras cinco amostras codificadas, correspondentes às outras quatro amostras torradas pelos tempos 9, 12, 15 e 18 min, além da torrada por 6 min. Os provadores não tinham conhecimento de que uma das amostras codificadas era igual ao controle.

Os vinte e quatro provadores receberam instruções para degustar cuidadosamente cada uma das amostras, da esquerda para a direita, comparando-as com o padrão, e avaliar o grau de diferença entre as amostras e o padrão.

Uma escala de cinco pontos foi utilizada variando de 0 (nenhuma diferença do controle) à 4 (extremamente diferente do controle), como mostra na Figura 3. Em cada sessão (uma por cultivar) obtiveram 24 respostas.

Nome: _____		Data: ___/___/___	
<p>Você está recebendo uma amostra padrão (P) e 5 amostras codificadas. Prove a amostra padrão e em seguida, prove cada uma das amostras codificadas e avalie na escala abaixo, o quanto cada amostra codificada difere, em relação ao aroma e sabor, da amostra padrão. Em seguida, assinale o grau de diferença de acordo com a escala:</p>			
0 – nenhuma diferença do controle			
1 –			
2 –			
3 –			
4 – extremamente diferente do controle			
Amostra		Grau de diferença	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
Comentários: _____			
_____			
_____			

**Figura 3-** Ficha de avaliação do Teste Diferença do Controle

Os resultados do Teste Diferença do Controle foram avaliados por Análise de Variância (ANOVA). O teste de comparação de médias de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ) foi utilizado para comparar o padrão com as demais amostras. Utilizou-se o programa Estatística 7.0 (STATSOFT, 2007).

#### 4.2.4.2 Teste Perfil livre

Para o Teste Perfil Livre, os provadores foram informados no momento do recrutamento sobre as condições do teste. Foram convidados a participar voluntariamente da pesquisa, informando-os que esse é um teste descritivo com várias etapas, com duração de seis dias, que caracteriza as amostras de farelo de arroz torrado em relação ao aroma, sabor, textura e aparência. Foram informados sobre o produto, que o farelo foi torrado e logo em seguida foi realizado o teste sensorial e que não haveria risco para saúde do provador, porém o sabor e/ou aroma torrado poderia não ser muito apreciado por alguns provadores. No momento do recrutamento, os provadores também foram informados que não eram obrigados a engolir a amostra, que as amostras poderiam ser cuspidas, que deveriam lavar a boca entre uma amostra e outra com água mineral, que também poderia ser cuspidas, além de poderem desistir do teste a qualquer momento.

O teste foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial da UEL, em cabines individuais, utilizando-se luz branca. As amostras foram servidas a temperatura ambiente, em potes descartáveis transparentes e com tampa, na quantidade de 5 g cada amostra, totalizando em média 100 g por provador.

Dez provadores participaram do teste, três homens e sete mulheres, na faixa etária entre 23 a 35 anos. A equipe caracterizou-se pela alta escolaridade (100% com o terceiro grau completo e cursando pós-graduação), sendo que todos possuíam experiência com análise sensorial, destes 100% com testes de aceitação e discriminativos e 50% em testes descritivos.

Foi esclarecido aos provadores, que não precisariam de treinamento e teriam a liberdade de utilizar os termos descritivos na quantidade e da maneira que desejassem, pois cada um desenvolveria sua própria lista de descritores e definições. Ainda, foram instruídos de como deveriam proceder para levantamento dos atributos. Primeiramente, observariam a cor e o aspecto do produto, depois deveriam cheirar a amostra e por último degustar. Assim, foram utilizados para o teste de perfil livre, farelos das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 com dois ou três tempos de torra selecionados após o Teste Diferença do Controle.

Para o levantamento de atributos foram realizadas quatro sessões, aplicando o método de rede (MOSKOWITZ, 1983). Em cada sessão foi apresentado um par de amostras, e solicitado aos provadores que anotassem as diferenças e similaridades entre cada par. Escolheram-se os pares de maneira a apresentarem a maior diferença. Após esta etapa, realizou-se uma discussão individual com cada provador e elaborou-se uma ficha para avaliação das amostras e a lista de definições dos atributos para cada provador. Para a quantificação de cada atributo, utilizou-se uma escala híbrida de intensidade, ancorada com as notas 0, 5 e 10 e os termos verbais de intensidade nos extremos (Figura 4).

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 dos farelos torrados, utilizou-se um delineamento de blocos incompletos balanceados (Tabela 4) ( $t=7$ ,  $k=3$ ,  $r=3$ ,  $b=7$ ,  $\lambda=1$ ,  $E=78$ , onde  $t$  = número de tratamentos,  $k$  = número de unidades por bloco,  $r$  = número de repetições,  $b$  = número de blocos,  $\lambda$  = 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 pela Equação 5 (COCHRAN; COX, 1957).

$$E = \frac{\lambda * t}{k * r} \quad \text{(Equação 5)}$$

**Tabela 4.** Delineamento experimental utilizado no Teste Perfil Livre.

Bloco	Tratamento		
1	S9	S15	I12
2	S15	I9	I15
3	I9	I12	P9
4	I12	I15	P15
5	I15	P9	S9
6	P9	P15	S15
7	P15	S9	I9

Em cada prova, o provador recebeu o seu glossário junto à ficha de avaliação. Realizaram-se sete sessões, com três provas em cada. 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 dez matrizes (uma por provador) de vinte e uma linhas (sete amostras com três repetições) e sete a onze colunas (atributos). Os gráficos de configuração das amostras e provadores, e da variância residual, foram elaborados utilizando o programa Senstools “Versão 2.3” (OP & P. PRODUCT RESEARCH, 1998)

#### 4.5.5 Análises químicas do farelo de arroz cru e torrado

Foram realizadas análises químicas (umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibra alimentar solúvel, fibra alimentar insolúvel, fibra alimentar total, carboidratos, açúcares redutores, fósforo total, fósforo fítico e ácido fítico) dos farelos de arroz cru das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 e dos farelos torrados selecionados pelo Teste Diferença do Controle.

Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com dez tratamentos (farelos de arroz cru e torrados) e três repetições, foi utilizado. Os resultados das avaliações químicas dos farelos de arroz cru e torrados, foram realizados por meio de análise de variância (ANOVA). As médias dos resultados foram comparadas pelo Teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ), utilizando-se o programa Estatística 7.0 (STAT SOFT, 2007).

#### 4.2.5.1 Umidade

Os teores de umidade dos farelos de arroz foram obtidos conforme procedimento descrito pelo método oficial nº 925.10 da *Association of Official Agricultural Chemists – AOAC* (1997). Cadinhos de alumínio foram mantidos em estufa a 105 °C por 12 h. Em seguida, foram colocados em dessecador para que atingissem temperatura ambiente para depois serem pesados em balança analítica com quatro casas decimais. Logo após, foram pesados, aproximadamente, 3 g de amostra nos cadinhos previamente tarados. Estes foram colocados em estufa de circulação de ar regulada a 105 °C e submetidos, após 4 h, à pesagem depois de submetidos ao resfriamento no dessecador. Este procedimento foi repetido de hora em hora até que atingissem peso constante. A concentração de sólidos totais foi determinada utilizando-se a Equação 6 e o teor de umidade utilizando-se a Equação 7.

$$\text{Concentração sólidos totais} = \frac{\text{peso seco (g)} - \text{peso cadinho vazio (g)} * 100}{\text{peso amostra (g)}} \quad (\text{Equação 6})$$

$$\text{Concentração umidade} = 100 - \text{sólidos totais (g)} \quad (\text{Equação 7})$$

#### 4.2.5.2 Cinzas

Os teores de cinzas dos farelos de arroz foram obtidos de acordo com o método de análise nº 923.03 da AOAC (1997). Cerca de 3 g de cada amostra foram pesadas em cadinho de porcelana calcinado. As amostras foram carbonizadas em chama aquecedora, de forma suave, até cessar o desprendimento de fumaça. Logo após, as amostras foram submetidas à queima em temperatura de 550 °C. Após a obtenção de cinzas claras e peso constante, retiraram-se os cadinhos com as amostras da mufla, que foram resfriados em dessecador e pesados em balança analítica. O percentual de resíduo mineral fixo (RMF) foi determinada utilizando-se a Equação 8:

$$\%RMF = \left[ \frac{\text{massa do cadinho porcelana} + RMF - \text{massa do cadinho}}{\text{massa da amostra}} \right] * 100 \quad (\text{Equação 8})$$

#### 4.2.5.3 Proteínas

Os teores de proteínas dos farelos de arroz foram determinados conforme o método oficial nº 960.52 da AOAC (1997), por meio da técnica de Kjeldahl para análise de nitrogênio total, utilizando o fator 5,95 para converter o teor de nitrogênio em proteína (ALENCAR; ALVARENGA, 1991; LUH; BARBER, BARBER, 1991; SAUNDERS, 1985-86). Pesou-se, em papel manteiga, cerca de 200 mg da amostra e transferiu-se para o tubo de digestão. Adicionou-se 0,5 g de mistura catalítica [sulfato de sódio (NaSO<sub>4</sub>): sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>)] na proporção de 10:1, e 7 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). A digestão foi iniciada a 50 °C, aumentando-se gradativamente a temperatura (50 em 50 °C) até 350 °C, para evitar a formação de espuma. Atingida a temperatura de digestão, o processo continuou até que as paredes internas do tubo ficassem limpas, a fumaça branca de sulfato (SO<sub>4</sub>) praticamente cessasse e o líquido apresentasse coloração verde-esmeralda límpida. Após a amostra atingir temperatura ambiente, adicionou-se 10 mL de água destilada no tubo que, posteriormente, foi conectado ao aparelho de destilação, cuja ponta do condensador estava mergulhada em erlenmeyer de 250 mL graduado, contendo 20 mL de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) a 2%, e de três a quatro gotas de indicador misto (vermelho de metila e verde de bromocresol). Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 50% foi adicionada lentamente ao tubo contendo a amostra, até o aparecimento de precipitado pardo escuro de óxido cúprico (CuO). A destilação foi procedida de forma moderada até o volume de 50 mL. O destilado foi titulado com solução padronizada de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 N, para determinação do percentual de nitrogênio total da amostra, conforme Equação 9. Para determinação do percentual de proteína bruta utilizou-se e a Equação 10.

$$\%N = \frac{\text{mL H}_2\text{SO}_4 * N \text{ H}_2\text{SO}_4 * 14 * 100}{\text{mg amostra}} \quad (\text{Equação 9})$$

$$\%Proteína \text{ Bruta} = \%N * \text{fator de conversão} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde: fator de conversão é 5,95

#### 4.2.5.4 Lipídios

Os teores de lipídios dos farelos de arroz foram obtidos pelo método Soxhlet, conforme método oficial nº 920.39C da AOAC (1997). Pesou-se 3 g de amostra em balança analítica. A amostra foi transferida para o cartucho de extração, confeccionado com papel de filtro comum e amarrado com fio de lã desengordurada. O cartucho contendo a amostra foi transferido para o extrator e acoplou-se o extrator ao balão de fundo chato (previamente tarado a 105 °C) sobre a chapa de aquecimento. O solvente, éter de petróleo, foi colocado pelo topo do condensador, em quantidade para um Soxhlet e meio. A água do condensador e o aquecimento foram ligados e destilou-se sob refluxo durante 8 h, por ser um produto com altos teores protéico e lipídico. Após a extração, retirou-se o papel de filtro amarrado com fio de lã e removeu-se o éter do balão por destilação, até que este ficasse quase seco (com aproximadamente 1 mL). O balão contendo o resíduo extraído foi deixado em estufa a 105 °C, por cerca de 2 h, e resfriado em dessecador até temperatura ambiente para pesagem em balança analítica. O teor de lipídios foi calculado utilizando-se a Equação 11.

$$\% \text{ Lipídio} = \left( \frac{\text{massa do balão com resíduo lipossolúvel} - \text{massa do balão vazio}}{\text{massa da amostra}} \right) * 100$$

(Equação 11)

#### 4.2.5.5 Fibra alimentar

O conteúdo de fibra alimentar foi determinado pelo método enzimático-gravimétrico, conforme método oficial nº 985.29 da AOAC (1997).

Em duplicata, pesou-se 1 g da amostra em béquer de 600 mL, de maneira que o peso entre as mesmas não diferissem (tolerância máxima 0,005 g), e adicionou-se 40 mL de solução tampão de MÊS-TRIS (pH 8,2) e 50 µL de α-amilase termorresistente (Sigma A-3306), cobrindo-se os béqueres com folha de alumínio. As amostras cobertas foram levadas em banho-maria a temperatura entre 95-100 °C, durante 35 min. Os béqueres foram removidos, resfriados a 60 °C e a folha de alumínio foi removida. Com auxílio de espátula, removeu-se todo material aderido à parede do béquer, adicionou-se 100 µL de protease (Sigma P-3910), cobriu-se novamente com a folha de alumínio e incubou-se em banho-maria a 60 °C com agitação lenta, por 30 min.

Logo após, os béqueres foram removidos do banho e retirou-se a folha de alumínio, adicionou-se 5 mL de ácido clorídrico (HCl) 0,561 N na amostra (para neutralizar a enzima),

e mediu-se o pH com potenciômetro, que devia estar entre 4,1-4,8. Quando necessário, o pH foi ajustado com solução de NaOH 0,275 N ou HCl 0,325 N. Finalmente, adicionou-se 200 µL de amiloglicosidase (Sigma A- 9913), recolocou-se a folha de alumínio e incubou-se as amostras em banho a 60 °C por 30 min, com agitação lenta e constante.

#### ● Fibra alimentar insolúvel

Os cadinhos foram molhados para redistribuir a cama de celite, utilizando-se, aproximadamente, 3 mL de água destilada. Filtrou-se a mistura enzimática pelo cadinho, com Membrana FH (Fluoropore) em PTFE (0,50 UM de poro, 47 mm diâmetro, hidrofóbica, branca e lisa, da marca Millipore), aplicando-se vácuo, e o resíduo foi lavado duas vezes, com 10 mL de etanol 95 °GL e acetona P.A. Os cadinhos foram colocados na estufa a 105 °C por 12 h para secar o resíduo.

Logo após, um cadinho da amostra foi levado para mufla a 550 °C, por 5 h para determinação das cinzas (AOAC, 1997), e o outro foi utilizado para determinação das proteínas pelo método micro-Kjeldahl (AOAC, 1997), com fator de conversão N x 5,95, no qual, digeriu-se todo o resíduo juntamente com o celite contido no cadinho. O teor de fibra alimentar insolúvel foi determinado utilizando-se a Equação 12.

$$\%FAI = \frac{RI - P - C - BI * 100}{M} \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

RI = média do resíduo insolúvel da amostra (mg)

P = média das proteínas no RI (mg)

C = média de cinzas no RI (mg)

M = média do peso das amostras (mg)

BI = RI<sub>B</sub> - P<sub>B</sub> - C<sub>B</sub>

RI<sub>B</sub> = média do resíduo insolúvel do branco (mg)

P<sub>B</sub> = média de proteína no RI<sub>B</sub> (mg)

C<sub>B</sub> = média de cinzas no RI<sub>B</sub> (mg)

#### ● Fibra alimentar solúvel

Foram redistribuídas a cama de celite nos cadinhos, utilizando-se, aproximadamente, 3 mL de água destilada. Mediu-se o volume do filtrado e a água de lavagem do kitassato, com

auxílio de proveta. Transferiu-se o filtrado para o béquer, adicionou-se quatro vezes o volume de etanol 95 °GL pré-aquecido a 60 °C e deixou-se formar precipitado, a temperatura ambiente, por 60 min. Filtrou-se o precipitado pelo cadinho, usando-se vácuo, e o resíduo foi lavado duas vezes, com 10 mL de etanol 95 °GL e acetona P.A. Secaram-se os cadinhos contendo o resíduo em estufa a 105 °C por 12 h.

Logo após, um cadinho da amostra foi levado para mufla a 550 °C, por 5 h para determinação das cinzas (AOAC, 1997), e o outro cadinho da amostra foi utilizado para determinação das proteínas pelo método micro-Kjeldahl (AOAC, 1997), com fator de conversão N x 5,95, no qual digeriu-se todo o resíduo juntamente com o celite contido no cadinho. O teor de fibra solúvel foi determinado aplicando-se a Equação 13.

$$\%FAS = \frac{RS - P - C - BS * 100}{M} \quad (\text{Equação 13})$$

Onde:

RS= média do resíduo solúvel da amostra (mg)

P = média de proteína no RS (mg)

C = média de cinzas no RS (mg)

M = média do peso das amostras (mg)

BS = RS<sub>B</sub> - P<sub>B</sub> - C<sub>B</sub>

RS<sub>B</sub>= média do resíduo solúvel do branco (mg)

P<sub>B</sub> = média de proteína no RS<sub>B</sub> (mg)

C<sub>B</sub> = média de cinzas no RS<sub>B</sub> (mg)

#### ● Fibra alimentar total

O teor de fibra alimentar total foi calculado somando os valores de fibra alimentar insolúvel e fibra alimentar solúvel, aplicando-se a Equação 14.

$$\%FAT = FAI + FAS \quad (\text{Equação 14})$$

#### 4.2.5.6 Carboidratos

Os teores de carboidratos dos farelos de arroz foram determinados por diferença, subtraindo de cem os valores, em base seca, obtidos para cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar total (BRASIL, 2003).

#### 4.2.5.7 Açúcares redutores

##### • Extração

Para a extração dos açúcares redutores dos farelos de arroz, pesou-se 2 g de amostra em erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 50 mL de água destilada, levou-se ao banho-maria com aquecimento a 65 °C, por 30 min. Resfriou-se o material, que passou por papel de filtro qualitativo (SES 597, nº 3, 597, com diâmetro  $12,5 \pm 0,1$  cm), coletou-se o extrato e desprezou-se o material retido (LEONEL; CEREDA, 2002).

##### • Quantificação do açúcar redutor

Para determinação dos teores de açúcares, pipetaram-se para tubo de ensaio 0,5 mL do extrato da amostra com 0 e 9 min de torra, ou 0,4 mL da amostra com 12 e 15 min de torra pois estas não foi possível fazer a leitura no espectrofotômetro com 0,5 mL de extrato. Completou-se o volume para 1 mL com água destilada, adicionou-se 1 mL do reativo de Somogyi e levaram-se os tubos até a temperatura de fervura, em banho-maria, por 10 min. As amostras foram resfriadas e adicionou-se 1 mL do reativo de Nelson e 9,5 mL de água destilada em cada tubo. Os tubos foram agitados e fez-se a leitura no espectrofotômetro, Cintra 20 UV-VIS, em comprimento de onda de 520 nm. Construiu-se uma curva-padrão que variou entre as concentrações de 0,2 a 1,0 mL / mL de água, da solução padrão de glicose (Tabela 5). A curva-padrão foi preparada a partir de uma solução padrão de glicose 0,01% e calculou-se o teor de açúcar redutor das amostras, aplicando-se o valor da leitura na equação de regressão linear da curva-padrão (NELSON, 1944; SOMOGYI, 1945).

**Tabela 5** – Pontos utilizados para construção da curva-padrão para determinação de açúcares redutores.

Concentração ( $\mu\text{g/mL}$ )	Padrão Glicose (mL)	H <sub>2</sub> O destilada (mL)	Reativo de Somogyi (mL)	Reativo de Nelson (mL)	H <sub>2</sub> O destilada (mL)
20	0,2	0,8	1,0	1,0	9,5
40	0,4	0,6	1,0	1,0	9,5
60	0,6	0,4	1,0	1,0	9,5
80	0,8	0,2	1,0	1,0	9,5
100	1,0	-	1,0	1,0	9,5
-	Branco	1,0	1,0	1,0	9,5

#### 4.2.5.8 Ácido fítico, fósforo fítico e fósforo total

##### ● **Extração do fósforo fítico do farelo de arroz cru e torrado**

A técnica para extração do fósforo (P) fítico dos farelos de arroz seguiu o procedimento descrito por Thompson e Erdman (1982). A extração foi realizada com 100 mL de solução de água ionizada e ácido tricloroacético (TCA) 3% + Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10%, sob agitação mecânica a 100 rpm por 2 h. Em seguida, filtrou-se em papel de filtro qualitativo (SES 597, nº 3, com diâmetro 12,5 ± 0,1 cm). Coletou-se o extrato e desprezou-se o material retido.

Em tubo de centrífuga, foram adicionados 10 mL de extrato, 10 mL de água deionizada e 12 mL de cloreto férrico (FeCl<sub>3</sub>) e colocou-se em banho-maria a 100 °C por 75 min. Resfriou-se a temperatura ambiente e centrifugou-se a 5.800 rpm por 15 min. O sobrenadante foi descartado (P inorgânico). Ao precipitado foram adicionados 5 mL de solução HCl 0,6% e Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,5% e centrifugou-se por 15 min. Novamente, descartou-se o sobrenadante e centrifugou-se por mais 15 min, repetindo-se o processo por mais três vezes, totalizando quatro lavagens. Após descartar o último sobrenadante, o precipitado foi lavado com 7 mL de solução digestora (HNO<sub>3</sub>:HClO<sub>4</sub>, 4:1), e o precipitado foi transferido para tubo de ensaio de alta resistência.

Os tubos foram colocados no bloco digestor (Tecnal, TE007D) a 50 °C, sendo a temperatura elevada gradativamente até 200 °C. Após a digestão e diluição adequada das amostras para leitura no espectrofotômetro, Cintra 20 UV-VIS, o fósforo fítico foi determinado colorimetricamente, segundo Chen, Toribara e Warner (1956), sendo utilizado o fator 3,55, referente aos 28,2% de P presente na molécula de ácido fítico (AF), para converter o fósforo fítico em ácido fítico.

##### ● **Quantificação do fósforo fítico e fósforo total**

O procedimento para quantificação de fósforo fítico e fósforo total foi descrito por Chen, Toribara e Warner (1956) e constituiu-se na construção de uma curva-padrão (Tabela 6) que variou na faixa de 0,9 a 9,0 µg de fósforo. A curva-padrão foi preparada a partir de uma solução estoque (0,05 g de fosfato de potássio dibásico - K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> em 200 mL de H<sub>2</sub>O deionizada) e solução trabalho (2 mL da solução estoque em 10 mL de H<sub>2</sub>O deionizada). O reagente de cor utilizado constituiu-se de solução de água deionizada, molibdato de amônio 2,5%, ácido ascórbico 10% e ácido sulfúrico 6 N (2:1:1:1). A leitura da amostra foi realizada em espectrofotômetro, Cintra 20, UV-VIS, a 820 nm.

**Tabela 6** – Pontos utilizados para construção da curva-padrão para determinação do fósforo fítico e fósforo total.

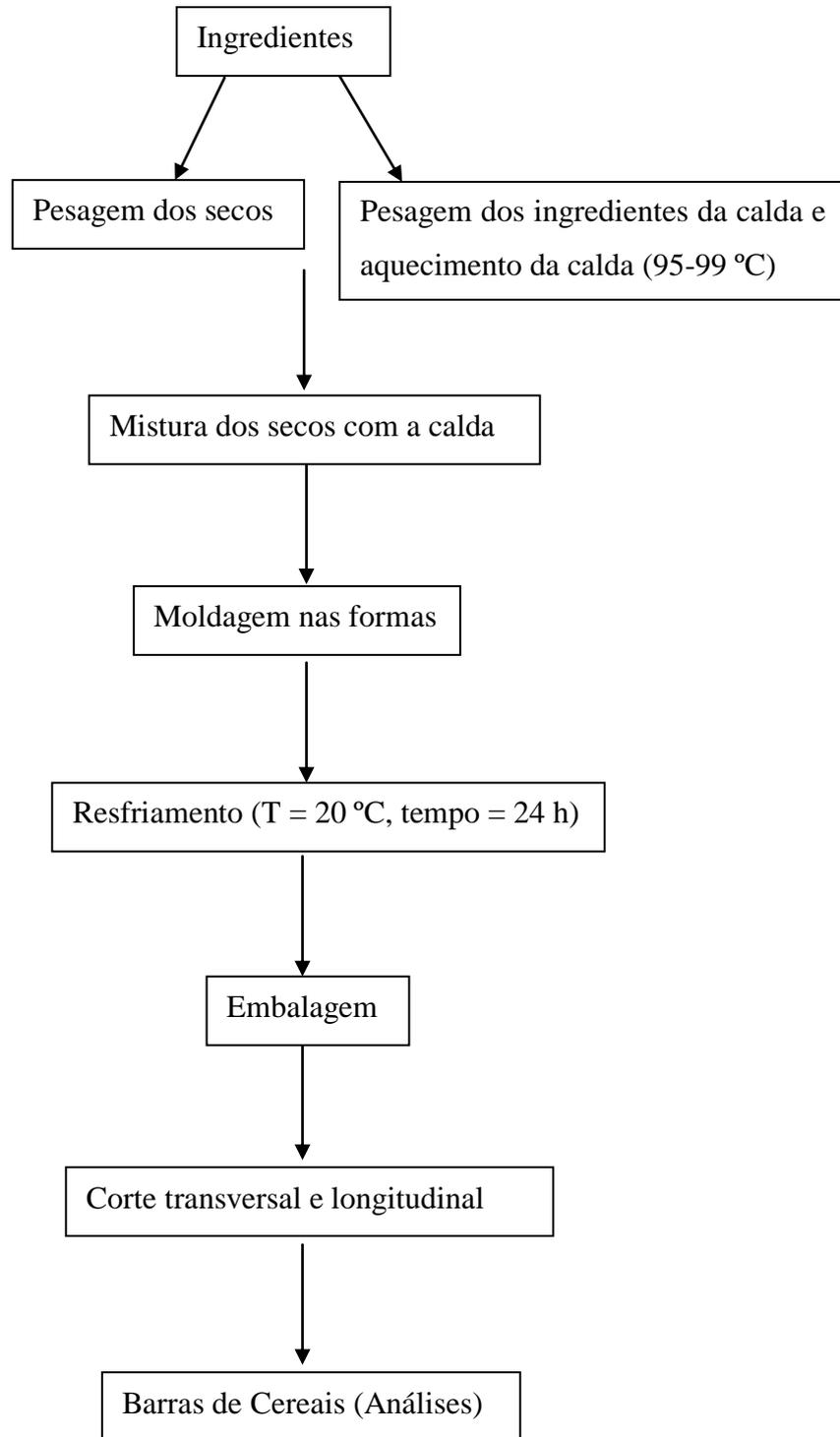
Tubo	Padrão (mL) *	H <sub>2</sub> O (mL)	Reagente de cor (mL)	Concentração (µg)
1	0,1	3,9	4,0	0,9
2	0,2	3,8	4,0	1,8
3	0,3	3,7	4,0	2,7
4	0,4	3,6	4,0	3,6
5	0,5	3,5	4,0	4,5
6	0,6	3,4	4,0	5,4
7	0,7	3,3	4,0	6,3
8	0,8	3,2	4,0	7,2
9	0,9	3,1	4,0	8,1
10	1,0	3,0	4,0	9,0
Branco	-	4,0	4,0	-

\* Solução estoque e solução trabalho

#### 4.2.6 Processamento das barras de cereais

Com o farelo de arroz torrado selecionado no Teste Perfil Livre foram elaboradas barras de cereais com diferentes teores de farelo de arroz torrado, flocos de arroz e flocos de milho.

O esquema geral de produção das barras está ilustrado na Figura 5, sendo realizado em bateladas de 400 g. O processo de produção das barras foi realizado em três etapas: pesagem dos secos (farelo de arroz, flocos de arroz, flocos de milho, banana passa, castanha de baru e a canela), aquecimento da calda a 95 °C (xarope de glicose e goma guar) e mistura dos secos na calda (Figuras 6 e 7). Logo após, colocou-se a massa em forma deacrílico, cobrindo a mesma com uma folha de plástico (polietileno), para evitar que a massa não grudasse no rolo, e com auxílio de um rolo de massa pressionou-se até obtenção de uma superfície lisa (modelou-se com rolo de massa por, aproximadamente, 30 vezes) (Figuras 8 e 9). A forma foi deixada 1 h para resfriamento e posterior embalagem em sacos de polietileno termo selados. As barras de cereais foram padronizadas no corte com o formato: 10 cm de comprimento, 3 cm de largura e 1,5 cm de espessura para posteriores análises de força de ruptura, atividade de água, densidade e análise de cor. O corte foi realizado somente no momento das análises físicas e sensorial.



**Figura 5.** Esquema genérico de produção de barras de cereais em escala de bancada (lotes de 400 g).



**Figura 6** – Aquecimento da calda a 95 °C (xarope de glicose e goma guar)



**Figura 7** – Mistura dos ingredientes secos na calda.



**Figura 8** - Modelagem das barras de cereais na forma com rolo de massa



**Figura 9** – Barra de cereal

#### 4.2.6.1 Planejamento experimental de misturas

Para obtenção de produtos com maior aceitabilidade, as concentrações dos componentes testados (farelo de arroz torrado, flocos de arroz e flocos de milho) foram restringidas nas formulações experimentais das barras de cereais, dentro de faixas estabelecidas em testes preliminares (Tabela 7).

**Tabela 7** – Concentrações máximas e mínimas, estabelecidas para farelo de arroz, flocos de arroz e flocos de milho nas formulações de barras de cereais.

Componente	Mínimo (% m/m)*	Máximo (% m/m)*
Farelo de arroz	10,15	20
Flocos de arroz	5	10,15
Flocos de milho	5	10,15

\* 30% de secos

Nas seis formulações experimentais das barras de cereais, o farelo de arroz torrado, os flocos de milho e os flocos de arroz totalizaram 30% dos secos, variando em função do planejamento experimental de misturas (Tabela 7), enquanto o xarope de glicose (44%), a castanha de baru (10%), a canela (0,2%), a banana passa (13,65%) e a goma guar (2%) permaneceram constantes em todas as formulações.

A partir das especificações acima, os pseudocomponentes foram determinados conforme Equação 15 (BARROS NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2003). Utilizaram-se os pseudocomponentes para melhorar a visualização dos efeitos das variáveis independentes (teores de farelo de arroz torrado, flocos de arroz e flocos de milho) sobre as variáveis dependentes (força de ruptura, densidade,  $A_w$ , luminosidade e tonalidade cromática).

$$x_i = \frac{c_i - a_i}{1 - \sum_{i=1}^q a_i} \quad (\text{Equação 15})$$

Onde:  $0 \leq a_i \leq c_i$ ;

$$\sum_{i=1}^q a_i < 1;$$

$i = 1, 2, 3, \dots, q$ ;

$x_i$  = teor do componente, em termos de pseudocomponente;

$c_i$  = proporção real do componente;

$a_i$  = limite inferior da concentração do componente.

Assim, os ingredientes em estudo puderam ser expressos como pseudocomponentes, utilizando a Equação 16 para farelo de arroz, a Equação 17 para flocos de arroz e a Equação 18 para flocos de milho.

$$X_{\text{farelo de arroz}} = \frac{C_{\text{farelo de arroz}} - 0,34}{0,32} \quad (\text{Equação 16})$$

$$X_{\text{flocos de arroz}} = \frac{C_{\text{flocos de arroz}} - 0,17}{0,32} \quad (\text{Equação 17})$$

$$X_{\text{flocos de milho}} = \frac{C_{\text{flocos de milho}} - 0,17}{0,32} \quad (\text{Equação 18})$$

O planejamento experimental, com os teores de cada ingrediente em valores reais e também em pseudocomponentes é apresentado na Tabela 8.

**Tabela 8** – Planejamento experimental para estudo das propriedades das misturas de farelo de arroz, flocos de arroz e flocos de milho, em proporções reais e em pseudocomponentes

Formulação (ensaio)	Proporção dos ingredientes na mistura ternária					
	Em concentrações reais			Em pseudocomponentes		
	Farelo arroz (c <sub>1</sub> )	Flocos arroz (c <sub>2</sub> )	Flocos milho (c <sub>3</sub> )	Farelo arroz (X <sub>1</sub> )	Flocos arroz (X <sub>2</sub> )	Flocos milho (X <sub>3</sub> )
1	0,66	0,17	0,17	1	0	0
2	0,34	0,34	0,32	0	0,53125	0,4687
3	0,49	0,34	0,17	0,46875	0,53125	0
4	0,49	0,17	0,34	0,46875	0	0,53125
5	0,34	0,32	0,34	0	0,46875	0,53125
6	0,464	0,268	0,268	0,3875	0,30625	0,30625
7	0,464	0,268	0,268	0,3875	0,30625	0,30625
8	0,464	0,268	0,268	0,3875	0,30625	0,30625

Fonte: STAT SOFT (2007).

$X_1 + X_2 + X_3 = 1$  ou 100%

Introduziram-se duas repetições do ensaio 6 (formulações 7 e 8) para o cálculo do erro experimental e ajuste dos modelos, e repetiram-se os experimentos duas vezes (repetições genuínas). A ordem dos ensaios foi sorteada ao acaso. Calcularam-se as médias aritméticas das repetições. Na Tabela 9 são mostradas as porcentagens dos ingredientes nas barras de cereais.

**Tabela 9** – Planejamento experimental para estudo das propriedades das misturas de farelo de arroz torrado, flocos de arroz e flocos de milho, em proporções dos ingredientes na mistura ternária e percentual dos ingredientes nas formulações finais das barras de cereais.

Formulação (ensaio)	Proporção dos ingredientes na mistura ternária			Porcentagem dos ingrediente na barra de cereal		
	Farelo arroz (c <sub>1</sub> )	Flocos arroz (c <sub>2</sub> )	Flocos milho (c <sub>3</sub> )	Farelo arroz (C <sub>1</sub> )	Flocos arroz (C <sub>2</sub> )	Flocos milho (C <sub>3</sub> )
1	0,66	0,17	0,17	20	5	5
2	0,34	0,34	0,32	10,15	10,15	9,7
3	0,49	0,34	0,17	14,85	10,15	5
4	0,49	0,17	0,34	14,85	5	10,15
5	0,34	0,32	0,34	10,15	9,7	10,15
6	0,464	0,268	0,268	14	8	8
7	0,464	0,268	0,268	14	8	8
8	0,464	0,268	0,268	14	8	8

Fonte: STATSOFT (2007).

$c_1 + c_2 + c_3 = 1$  ou 100%

Logo após a execução do experimento e a coleta de dados, fez-se o ajuste de uma equação polinomial para cada resposta, estimando-se os respectivos coeficientes. Foi utilizado o modelo canônico de Scheffé para três componentes, conforme a Equação 19.

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad (\text{Equação 19})$$

Onde: Y = variável dependente;

$\beta'$  = coeficiente estimado de cada componente linear e suas interações para a elaboração do modelo preditivo;

$X_1$  = farelo de arroz;

$X_2$  = flocos de arroz;

$X_3$  = flocos de milho.

Determinaram-se as variáveis dependentes: força de ruptura, densidade, atividade de água e parâmetros instrumentais de cor das barras de cereais. Submeteram-se os dados obtidos de cada resposta à análise de variância (ANOVA), para avaliar a significância ( $p < 0,05$ ), o coeficiente de variação, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e a falta de ajuste dos modelos matemáticos obtidos. Estes modelos foram analisados conjuntamente pela análise de desejabilidade. Utilizou-se o programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2007) para obtenção do planejamento experimental, análise dos dados e construção dos gráficos.

#### 4.2.7 Análises físicas das barras de cereais

Análises físicas de força de ruptura, parâmetros instrumentais de cor, atividade de água e densidade foram realizadas nas seis formulações experimentais e em três formulações comerciais, obtidas no comércio local de Londrina, sendo uma tradicional, uma *light* e outra com alto teor de fibras.

##### 4.2.7.1 Força de ruptura

Para a análise da força de ruptura (N) das barras de cereais foi utilizado o texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems) e o registro dos dados realizados através do Software XTRAD. O teste foi padronizado com velocidade de penetração de 1 mm/s, distância de 15 mm e força de 0,98 N (Figura 10). O probe utilizado foi a faca guilotina invertida (HDP/BSW – Blade Set with Warner – Bratrler Blade). A força de ruptura foi determinada a partir de curvas de força x tempo no gráfico. Esta análise foi realizada após seis dias de fabricação das barras de cereais.



**Figura 10** – Análise de força de ruptura das barras de cereais.

#### 4.2.7.2 Parâmetros instrumentais de cor

Para determinação dos parâmetros instrumentais de cor das barras de cereais, utilizou-se uma câmara digital, Sony, (modelo DSC - W55), com resolução de 7.2 mega pixels. A lente da câmara foi posicionada perpendicularmente à superfície do produto a uma distância de 20 cm e ajustou-se o balanço de branco para luz do dia, e colocou-se o produto sobre um fundo branco.

Foram capturadas imagens digitais das amostras e com auxílio do aplicativo “Microsoft Office Picture Manager” selecionou-se, para cada amostra, três áreas de aproximadamente 5 cm x 5 cm cada uma. Visto que as barras de cereais são produtos desuniformes, calculou-se a média de três leituras em cada uma das três áreas.

As imagens foram convertidas a valores RGB médios, empregando-se o programa “Conversor em cor média RGB para imagens BMP” (SACHS et al., 2001). Posteriormente, os dados foram convertidos para o sistema CIELAB pelo programa “Munsell Conversion” (COLORPRO, 2009), obtendo-se valores de L\* (luminosidade), a\* (componente vermelho-verde) e b\*(componente amarelo-azul). A partir dos dados obtidos, calcularam-se os valores de tonalidade cromática (H\*) (Equação 20).

$$H^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{Equação 20})$$

#### 4.2.7.3 Atividade de água

A determinação da atividade de água (Aw) foi realizada conforme já descritos no item 4.2.3.2.

#### 4.2.7.4 Densidade

A densidade (g/cm<sup>3</sup>) foi determinada a partir da conversão do volume específico. Determinou-se o volume pelo método do deslocamento de sementes de painço, utilizando-se proveta graduada, enquanto que a massa foi determinada em balança analítica (CAMARGO; LEONEL; MISCHAN, 2008). O volume específico foi calculado pela Equação 21. Converteu-se a densidade, utilizando a Equação 22. As medições foram realizadas em triplicata.

$$\text{Volume específico} = \frac{\text{volume}}{\text{massa}} \quad (\text{Equação 21})$$

$$\text{Densidade} = \frac{1}{\text{volume específico}} \quad (\text{Equação 22})$$

#### 4.2.7.5 Desejabilidade das barras de cereais

Com os modelos estatísticos obtidos para as características físicas (força de ruptura, densidade e luminosidade), gerados no planejamento experimental, com o auxílio da “Função Desejabilidade Global” e do programa Statística 7.0 (STAT SOFT, 2007), foi realizado um cálculo para otimizar as melhores formulações de barras de cereais experimentais nos intervalos das variáveis independentes utilizados (farelo de arroz torrado, flocos de arroz e flocos de milho), obtendo, como o ideal, as características físicas observadas em barras de cereais comerciais.

#### 4.2.8 Análises químicas das barras de cereais

Os teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibra solúvel, fibra insolúvel, fibra alimentar total, carboidratos e açúcares redutores das três formulações de barras de cereais selecionadas pelo critério de diferentes teores de farelo de arroz torrado (mínimo, intermediário e máximo), foram determinadas conforme métodos oficiais já descritos nos itens 4.2.5.1, 4.2.5.2, 4.2.5.4, 4.2.5.5, 4.2.5.6. Para o conteúdo de proteínas das barras de cereais seguiu-se o item 4.2.5.3, mas o fator utilizado para converter o teor de nitrogênio em proteína bruta foi 6,25, pois nas formulações das barras de cereais foram utilizadas misturas com diferentes ingredientes. O conteúdo energético foi determinado, utilizando-se os fatores de Atwater de 4, 4 e 9 para proteínas, carboidratos e lipídios, respectivamente (MERRILL; WATT, 1975 apud WILSON; SANTOS; VIEIRA, 1982). Na determinação de açúcares redutores, seguiu-se o item 4.2.5.7 e foi necessário diluir o filtrado da amostra na proporção de 1 mL de filtrado para 100 mL de água e a partir desta diluição foi coletado 0,2 mL para proceder a leitura, devido o alto teor de glicose das barras de cereais (xarope de glicose).

Os resultados das avaliações químicas das barras de cereais foram realizados por meio de análise de variância (ANOVA). Para diferenciação de médias, os resultados foram analisados pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), através do programa Statística 7.0 (STAT SOFT, 2007).

#### 4.2.9 Teste de aceitação global das barras de cereais

Três formulações foram selecionadas para o teste de aceitação entre as seis formulações do planejamento experimental de misturas.

O teste foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial, da Universidade Estadual de Londrina (UEL), em cabines individuais, utilizando luz branca, os provadores receberam instruções para degustar cuidadosamente cada uma das amostras. A equipe foi caracterizada aplicando-se um questionário de recrutamento de faixa etária, sexo, escolaridade e hábitos de consumo de barras de cereais e assinando a carta de consentimento, em que o provador aceitava participar do teste sensorial.

Cinquenta e um provadores participaram do teste, dos quais dezessete homens e trinta e quatro mulheres, na faixa etária entre 20 a 37 anos. A equipe caracterizou-se pela alta escolaridade (79% com 3º grau completo, cursando pós-graduação e 21% cursando o 3º grau), sendo que 94% possuíam experiência com análise sensorial (73% com testes de aceitação, 40% com testes descritivos e 24% com testes discriminativos).

No momento do recrutamento, os provadores foram informados das condições do teste, e que não era obrigado a engolir a amostra que poderia ser cuspidada, lavando a boca entre uma amostra e outra com água mineral, que também poderia ser cuspidada. Receberam informação sobre os ingredientes para preparação das barras de cereais e de que poderiam desistir do teste a qualquer momento.

Utilizou-se delineamento de blocos incompletos casualizados, sendo o bloco cada provador e tratamento cada formulação de barra de cereal.

As amostras foram servidas em pratos de plástico, em pedaços de 3 cm x 3 cm. A análise foi realizada seis dias após a fabricação das barras de cereais. As amostras foram servidas de forma monádica seqüencial. Utilizou-se uma ficha com escala híbrida de intensidade de 10 cm ancoradas nos extremos, (0) Desgostei muitíssimo, (10) Gostei muitíssimo e ancorada no meio (5) Nem gostei, nem desgostei, segundo Villanueva, Petenate e Da Silva (2005), como mostrado na Figura 11.

Os dados obtidos no teste de aceitação global das barras de cereais foram avaliados por análise de variância (ANOVA), considerando as amostras e provadores como fontes de variação. As médias foram comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Você está recebendo uma amostra codificada de Barra de Cereal. Por favor, prove a amostra e marque um “x” em qualquer ponto da escala (incluindo entre os pontos) que melhor representa o quanto você gostou ou desgostou da amostra no que diz respeito à aceitação global.

Amostra: \_\_\_\_\_

0 ————— 5 ————— 10

Desgostei muitíssimo                      Não gostei Nem desgostei                      Gostei muitíssimo

**Figura 11** – Ficha de avaliação do teste de aceitação global das barras de cereais.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 GRAU DE POLIMENTO, RENDIMENTO DO BENEFICIAMENTO E RENDIMENTO DE INTEIROS

Os resultados obtidos para o grau de polimento, a renda do beneficiamento e o rendimento de inteiros das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 estão apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10** – Grau de polimento, renda do beneficiamento e rendimento de inteiros das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 após o beneficiamento.

Característica Tecnológica	BRS Sertaneja	BRS Primavera	IRGA 417
Grau de polimento (%)	13,33	12,75	14,59
Renda do beneficiamento (%)	71,56	71,2	68,32
Rendimento de inteiros (%)	62,20	47,6	62,48

Para as cultivares estudadas, verificou-se que a IRGA 417 obteve maior grau de polimento (14,59%), seguida pela cv. BRS Sertaneja (13,33%) e BRS Primavera (12,75%). De acordo com Mohapatra e Bal (2006), os grãos de arroz mais espessos tendem a ter maior remoção das camadas periféricas. Assim, as cvs. IRGA 417 e BRS Sertaneja, por apresentarem maior espessura, apresentaram maior grau de polimento e, portanto, maior rendimento de farelo de arroz. Fonseca (2009) encontrou grau de polimento de 12,49% para cv. BRS Primavera e 12,56% para cv. BRS Sertaneja, valores próximos aos encontrados neste trabalho. As diferenças no grau de polimento entre as cultivares estudadas podem ser explicadas pela dureza e formato dos grãos (MOHAPATRA; BAL, 2006).

O valor da renda do benefício representa o somatório de grãos inteiros e quebrados, obtidos após o processo, sendo representado apenas pela quantidade de grãos inteiros. Assim, a cv. BRS Sertaneja apresentou maior renda (71,56%) em relação as cvs. BRS Primavera (71,2%) e IRGA 417 (68,32%) (Tabela 10). Fonseca (2009) encontrou valores próximos de renda de beneficiamento aos encontrados neste trabalho, 69,24 para cv. BRS Primavera e 70,64% para a cv. BRS Sertaneja. Assim como Garcia (2009), que também obteve valores semelhantes (71,24%) para a cv. BRS Sertaneja e 70,33% para a cv. BRS Primavera. Lanna, Ferreira e Barrigossi (2003) obtiveram renda de 67 % para a cv. BRS Primavera, valor inferior ao encontrado neste trabalho. Lopes (2007) obteve 70,3% de renda para a cv. BRS

Sertaneja, inferior a encontrada neste trabalho. De acordo com o Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA, 2009), o valor para a renda no beneficiamento da cv. IRGA 417 é em média 69%, valor ligeiramente superior ao encontrado neste trabalho.

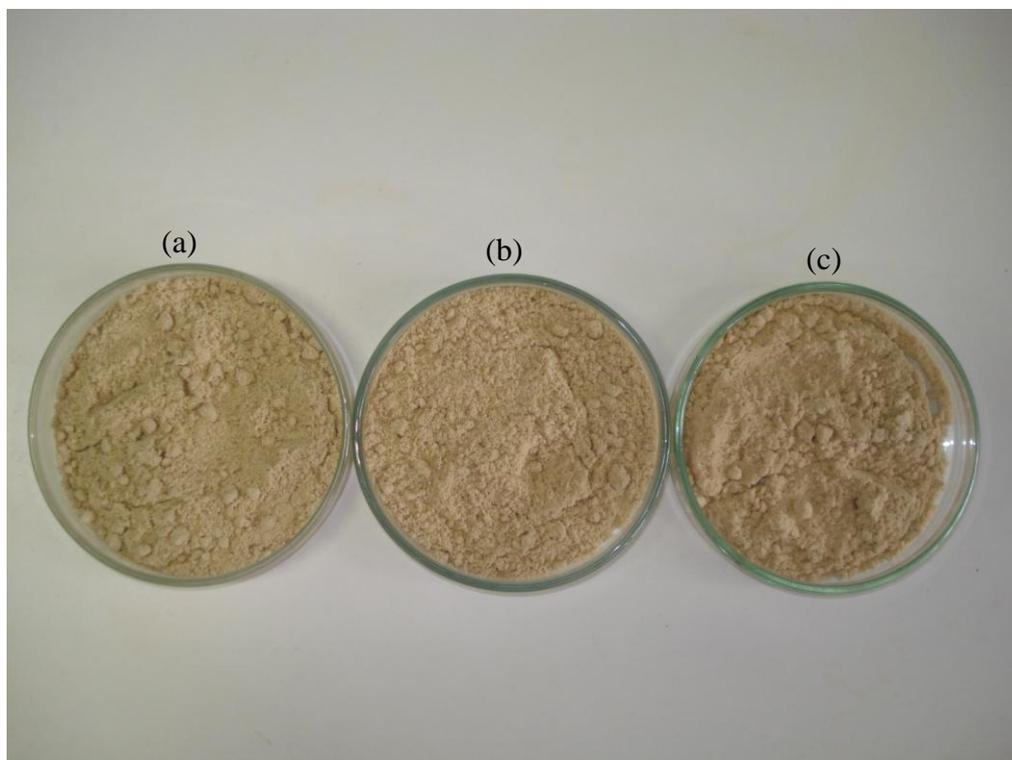
A cv. IRGA 417 (62,48%) apresentou maior rendimento de inteiros, seguida pela cv. BRS Sertaneja (62,20%) e BRS Primavera (47,6%). As características dos grãos de cada cultivar e as condições de processamento influenciaram o rendimento do arroz no beneficiamento. A cv. BRS Primavera apresenta um endosperma mais longo e delgado, o que contribui para um menor rendimento de inteiros (BHATTACHARYA, 1980).

De acordo com o Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA, 2009), o valor para o rendimento de inteiros da cv. IRGA 417 é em média 62%, valor bem próximo ao encontrado neste trabalho (62,48%). Lopes (2007) e Morais et al. (2004) encontraram valores de 51,4% para a cv. BRS Primavera e 57,0% para a cv. BRS Sertaneja, respectivamente, valores superiores e inferiores aos obtidos neste trabalho. Fonseca (2009) relatou valores de 60,89% para cv. BRS Sertaneja e de 50,33% para cv. BRS Primavera. Garcia (2009) apresentou valor para rendimento de inteiros de 62,09 para cv. BRS Sertaneja e 50,96% para cv. BRS Primavera. Segundo Breseghello et al. (2006), a cv. BRS Sertaneja apresenta rendimento de inteiros mais alto que a cv. BRS Primavera, pois o ponto de colheita para a cv. BRS Sertaneja é mais flexível que o da BRS Primavera, o que dá ao produtor maior margem de segurança, caso haja algum imprevisto no campo.

As diferenças encontradas do grau de polimento, renda no beneficiamento e rendimento de inteiros entre as cultivares estudadas podem ser explicadas devido fatores como época de colheita, características próprias dos grãos de cada cultivar e condições de processamento (BHATTACHARYA, 1980; BRESEGHELLO et al., 2006; GARCIA, 2009).

## 5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS FARELOS DE ARROZ CRU E TORRADOS

Os farelos de arroz cru das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 obtidos neste trabalho estão apresentados na Figura 12.



**Figura 12** – Farelos de arroz cru das cultivares BRS Sertaneja (a), BRS Primavera (b) e IRGA 417 (c).

Os farelos de arroz cru apresentaram coloração variando entre tons de bege. O farelo da cv. BRS Sertaneja apresentou coloração de bege claro e mais amarelado; o da cv. BRS Primavera apresentou coloração bege mais escuro, tendendo ao vermelho e o farelo da cv. IRGA 417 apresentou-se bege mais claro. Todos os farelos apresentaram odor característico de farelo, destacando-se o da cv. IRGA 417, com aroma levemente adocicado.

### 5.2.1 Parâmetros instrumentais de cor

Os parâmetros instrumentais de cor dos farelos de arroz cru e torrados das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 estão apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11** – Valores médios seguidos pelos desvios-padrão da luminosidade ( $L^*$ ), coordenadas de cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ) nos farelos de arroz cru e torrados em 6, 9, 12, 15 e 18 min das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417.

Característica	Tempo (min)	BRS Sertaneja	BRS Primavera	IRGA 417
$L^*$ <sup>1</sup>	0	68,66±0,62 <sup>B</sup>	68,58±0,43 <sup>B</sup>	71,21±0,22 <sup>A</sup>
	6	61,24±0,37 <sup>C</sup>	63,86±0,50 <sup>B</sup>	64,86±0,21 <sup>A</sup>
	9	59,72±0,48 <sup>C</sup>	64,59±0,19 <sup>A</sup>	61,76±0,22 <sup>B</sup>
	12	50,00±0,33 <sup>B</sup>	55,08±0,37 <sup>A</sup>	50,11±0,41 <sup>B</sup>
	15	42,48±0,51 <sup>C</sup>	48,34±0,36 <sup>A</sup>	44,17±0,26 <sup>B</sup>
	18	33,57±0,43 <sup>C</sup>	44,22±0,28 <sup>A</sup>	36,22±0,26 <sup>B</sup>
$a^*$	0	2,92±0,16 <sup>B</sup>	2,72±0,47 <sup>B</sup>	3,94±0,10 <sup>A</sup>
	6	4,35±0,06 <sup>B</sup>	5,21±0,18 <sup>A</sup>	5,12±0,14 <sup>A</sup>
	9	5,17±0,47 <sup>C</sup>	5,57±0,09 <sup>B</sup>	6,40±0,08 <sup>A</sup>
	12	8,39±0,26 <sup>B</sup>	7,97±0,11 <sup>B</sup>	9,56±0,11 <sup>A</sup>
	15	9,92±0,26 <sup>B</sup>	10,28±0,15 <sup>AB</sup>	10,68±0,12 <sup>A</sup>
	18	9,54±0,20 <sup>C</sup>	10,27±0,08 <sup>B</sup>	10,79±0,15 <sup>A</sup>
$b^*$	0	17,98±0,13 <sup>B</sup>	19,13±0,39 <sup>A</sup>	19,33±0,20 <sup>A</sup>
	6	23,94±0,23 <sup>B</sup>	23,02±0,18 <sup>C</sup>	24,85±0,28 <sup>A</sup>
	9	23,86±0,28 <sup>B</sup>	24,43±0,23 <sup>B</sup>	26,64±0,18 <sup>A</sup>
	12	26,41±0,05 <sup>B</sup>	24,40±0,17 <sup>C</sup>	28,15±0,27 <sup>A</sup>
	15	25,71±0,26 <sup>C</sup>	26,89±0,26 <sup>B</sup>	27,88±0,13 <sup>A</sup>
	18	22,74±0,22 <sup>B</sup>	25,55±0,26 <sup>A</sup>	25,75±0,27 <sup>A</sup>

<sup>1</sup>Letras iguais na mesma linha não diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Em relação a luminosidade, o farelo de arroz cru da cv. IRGA 417 diferiu ( $p \leq 0,05$ ) dos demais, que não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ), apresentando um valor de  $L^*$  mais alto (71,21). Com 6 min de torra houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) de  $L^*$  entre os farelos, tendo o farelo da cv. IRGA 417 apresentado valor mais alto (64,86) e o da cv. BRS Sertaneja o mais baixo (61,24). Nos tempos de torra de 9, 15 e 18 min também houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre a luminosidade dos farelos, sendo que o da cv. BRS Primavera apresentou valores mais altos e o farelo da cv. BRS Sertaneja mais baixos. O farelo da cv. BRS Primavera diferiu ( $p \leq 0,05$ ) em relação a  $L^*$  dos demais no tempo 12 min de torra (55,08), que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ).

O farelo da cv. BRS Sertaneja apresentou maior escurecimento (menor valor de  $L^*$ ) ao longo da torra, seguido pelos farelos das cvs. BRS Primavera e IRGA 417, fato que pode ser explicado pelas diferenças entre as características químicas de cada cultivar estudada. Além das condições de processamento tecnológico, como o grau de polimento, que pode ter influência na cor (LAMBERTS et al., 2008). Quanto maior o polimento, maior a remoção das camadas periféricas, podendo ser removida juntamente parte do endosperma e assim, provocar clareamento do farelo e do grão de arroz.

Os farelos da cv. IRGA 417 diferenciaram-se ( $p \leq 0,05$ ) nos tempos de torra de 0, 12 e 15 min, apresentando maiores valores de  $a^*$  (3,94, 9,56, 10,68, respectivamente), enquanto os demais farelos não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). O farelo cv. BRS Sertaneja diferiu ( $p \leq 0,05$ ) dos demais farelos no tempo de torra de 6 min, apresentando menor valor (4,35) da coordenada  $a^*$ . Nos tempos 9 e 18 min, todos os farelos diferenciaram entre si ( $p \leq 0,05$ ), sendo que o farelo da cv. IRGA 417 apresentou o maior valor para este parâmetro, enquanto que o farelo da cv. BRS Sertaneja o menor, tendência que ocorreu em todos os tempos estudados (Tabela 11).

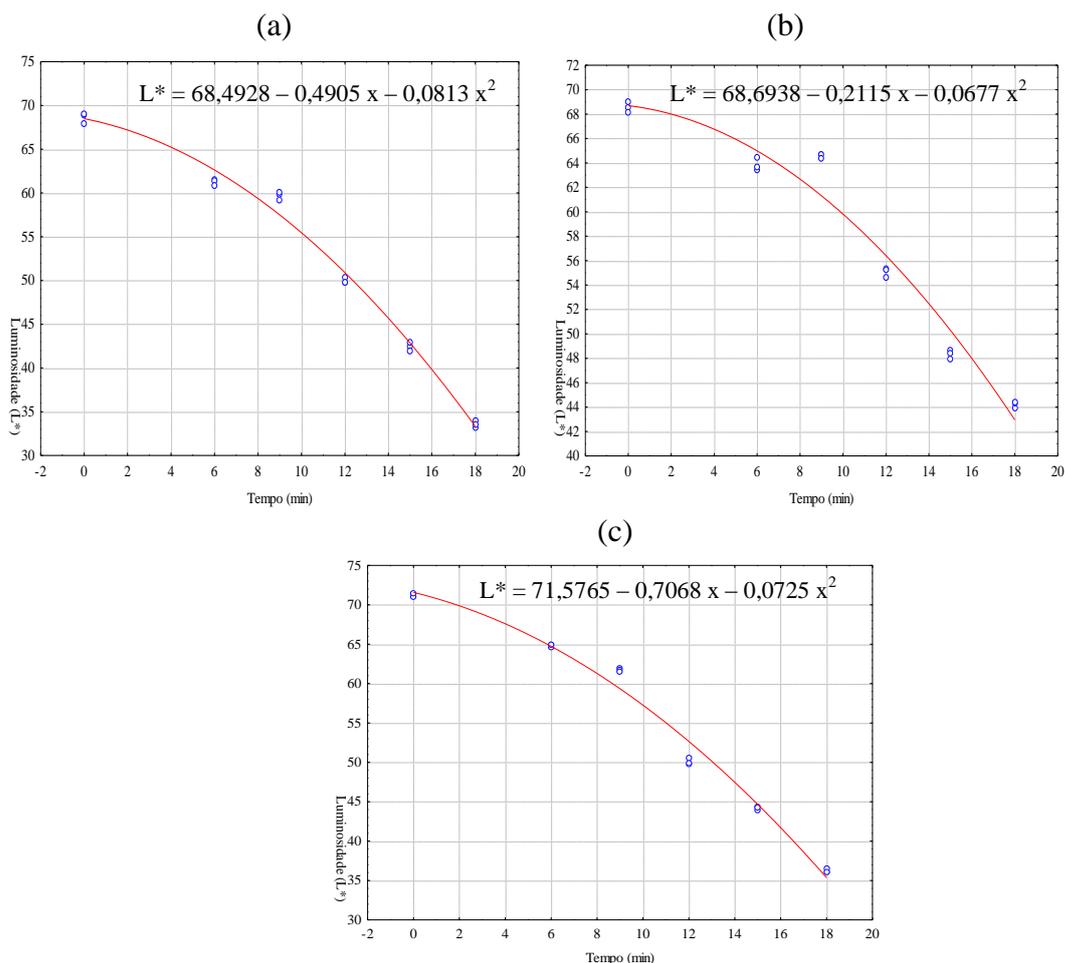
Nos tempos 6, 12 e 15 min de torra, os farelos de arroz das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ) entre si, sendo os maiores valores de  $b^*$  obtidos para o farelo da cv. IRGA 417. No tempo 9 min, o farelo da cv. IRGA 417 diferenciou ( $p \leq 0,05$ ) dos demais, apresentando maior valor de  $b^*$  (26,64). O farelo de arroz da cv. BRS Sertaneja diferenciou ( $p \leq 0,05$ ) dos farelos das cvs. BRS Primavera e IRGA 417 nos tempos 0 e 18 min de torra, apresentando os menores valores (17,98 e 22,74, respectivamente) para esta coordenada (Tabela 11).

Os farelos torrados da cv. IRGA 417 apresentaram maior amarelamento e avermelhamento em relação aos demais farelos, além de escurecer menos, apresentando maiores valores de luminosidade. Os farelos torrados da cv. BRS Sertaneja apresentaram maior escurecimento (menores valores de luminosidade). Fato que pode ser explicado pelas diferenças entre as próprias cultivares estudadas, como a morfologia do grão e a composição química do farelo, sendo que o farelo cru da cv. BRS Sertaneja apresentou maior conteúdo de proteínas e açúcares redutores (Tabelas 17 e 18), o que pode ter influenciado no desenvolvimento da reação de Maillard durante o processo de torra, reduzindo o valor da luminosidade.

Fonseca (2009), ao avaliar a qualidade de arroz parboilizado cultivado em terras altas, relatou valores de  $L^*$  entre 82,60 a 85,97, de  $a^*$  entre 0,55 a 1,20 e de  $b^*$  entre 9,89 a 11,83 para farinha de arroz parboilizado da cv. BRS Primavera e para a cv. BRS Sertaneja valores de  $L^*$  entre 81,99 a 84,41, de  $a^*$  entre 0,76 a 1,27 e  $b^*$  entre 9,95 a 12,55 para farinha de arroz parbolizada, sob diferentes condições de encharcamento, concluindo que o processo de parbolização escurece a farinha. Fato semelhante ao ocorrido neste trabalho, devido ao desenvolvimento da reação de Maillard durante os tratamentos térmicos aplicados.

A luminosidade ( $L^*$ ) que mostra quão claro ou escuro é o produto (0 totalmente preto e 100 totalmente branco) (MINOLTA, 1997), diminuiu ( $p \leq 0,05$ ) nos farelos das três cultivares com aumento do tempo de torra. O valor de  $L^*$  para o farelo de arroz da cv. BRS

Sertaneja variou entre 68,66 (cru) a 33,57 (18 min de torra); para a cv. BRS Primavera de 68,58 (cru) a 44,22 (18 min de torra) e para a cv. IRGA 417 de 71,21 (cru) a 36,22 (18 min de torra) (Figura 13). As regressões foram significativas ( $p \leq 0,05$ ) para  $L^*$  em relação ao tempo de torra, sendo que os farelos das cvs. BRS Sertaneja e IRGA 417 apresentaram efeitos lineares e quadráticos significativos, enquanto o farelo da cv. BRS Primavera apresentou somente efeito quadrático significativo. Os coeficientes de determinação foram 0,9884 para a cultivar BRS Sertaneja, 0,9533 para a BRS Primavera e 0,9827 para a cultivar IRGA 417 (Tabela 12, Anexo A).



**Figura 13** – Luminosidade ( $L^*$ ) dos farelos das cultivares BRS Sertaneja (a), BRS Primavera (b) e IRGA 417 (c) em relação ao tempo de torra (min).

**Tabela 12** – Modelos de regressão ajustados, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e significância (P) dos parâmetros instrumentais de cor dos farelos de arroz das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 em relação ao tempo de torra em microondas.

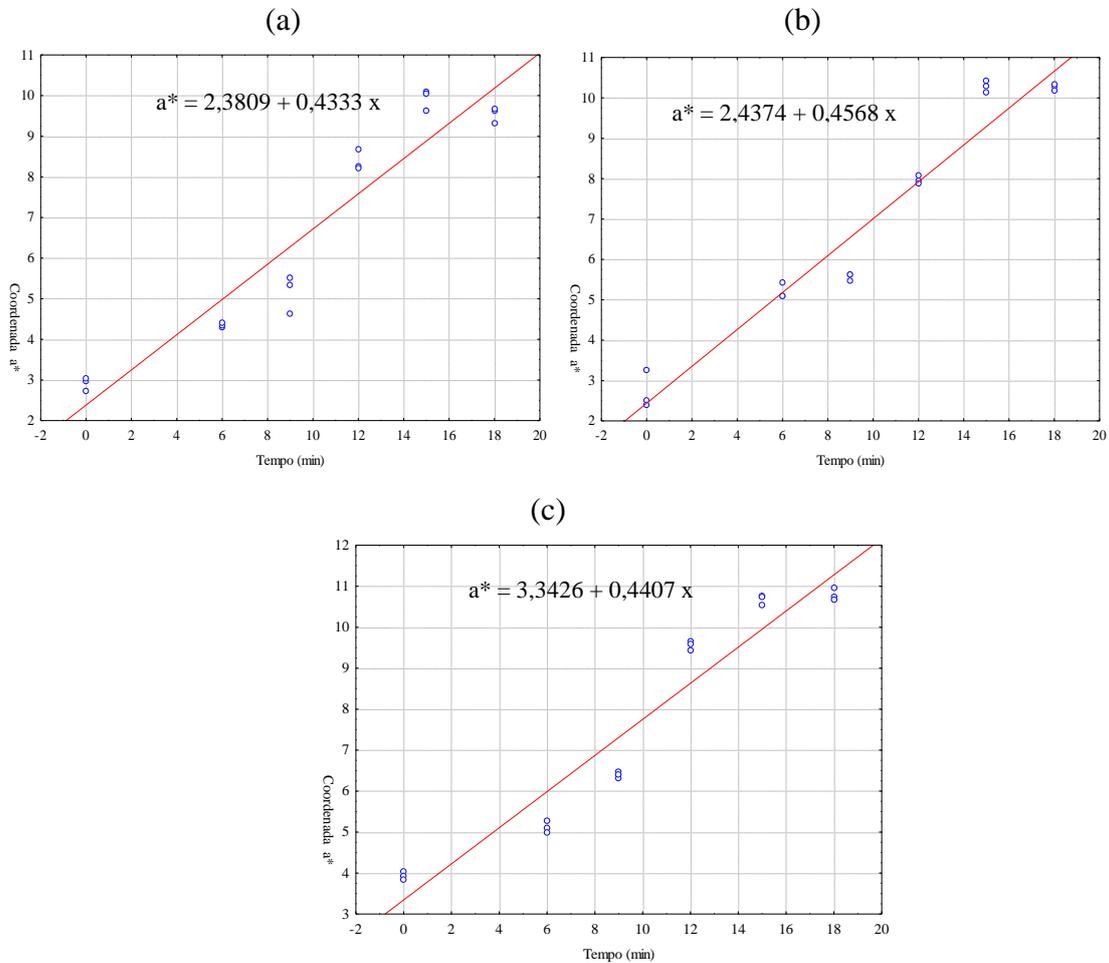
Parâmetro	Cultivar	Equação	$R^2$	P
L*	BRS Sertaneja	$L^* = 68,4928 - 0,4905 X - 0,0813X^2$	0,9884	0,0000
	BRS Primavera	$L^* = 68,6938 - 0,2115 X - 0,0677 X^2$	0,9533	0,0002
	IRGA 417	$L^* = 71,5765 - 0,7068 X - 0,0725 X^2$	0,9827	0,0000
a*	BRS Sertaneja	$a^* = 2,3809 + 0,4333 X$	0,8943	0,0000
	BRS Primavera	$a^* = 2,4374 + 0,4568 X$	0,9452	0,0000
	IRGA 417	$a^* = 3,3426 + 0,4407 X$	0,9132	0,0000
b*	BRS Sertaneja	$b^* = 17,843 + 1,3261 X - 0,0568 X^2$	0,9093	0,0000
	BRS Primavera	$b^* = 19,1107 + 0,7756 X - 0,022 X^2$	0,9256	0,0004
	IRGA 417	$b^* = 19,1288 + 1,3483 X - 0,053 X^2$	0,9735	0,0000

Em relação a coordenada  $a^*$ , cujos valores variam entre verde (-60) a vermelho (+60) (MINOLTA, 1997), os valores aumentaram ( $p \leq 0,05$ ) nos farelos das três cultivares com o tempo de torra, portanto, ocorreu um avermelhamento dos farelos (Figura 14). Os farelos de arroz da cv. IRGA 417 apresentaram valores da coordenada de cromaticidade  $a^*$  entre 3,94 a 10,79, os da cv. BRS Sertaneja de 2,92 a 9,54 e os da cv. BRS Primavera de 2,72 a 10,27. Todas as regressões para  $a^*$  apresentaram efeitos lineares significativos, com coeficientes de determinação de 0,8943 para a cv. BRS Sertaneja, de 0,9452 para BRS Primavera e de 0,9132 para a cv. IRGA 417 (Tabela 12, Anexo B).

Os valores da coordenada  $b^*$ , que representam variação entre o azul (-60) e o amarelo (+60) (MINOLTA, 1997), aumentaram ( $p \leq 0,05$ ) para os farelos com até 12 min de torra para as cvs. BRS Sertaneja e IRGA 417 e até 15 min de torra para a cv. BRS Primavera, tendendo a coloração amarelada com o aumento do tempo de torra (Figura 15). Todas as regressões foram significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o efeito quadrático nos farelos das três cultivares deste estudo (Tabela 12, Anexo C). A cv. BRS Sertaneja apresentou coeficiente de determinação de 0,9093, para a cv. BRS Primavera de 0,9256 e para a cv. IRGA 417 de 0,9735.

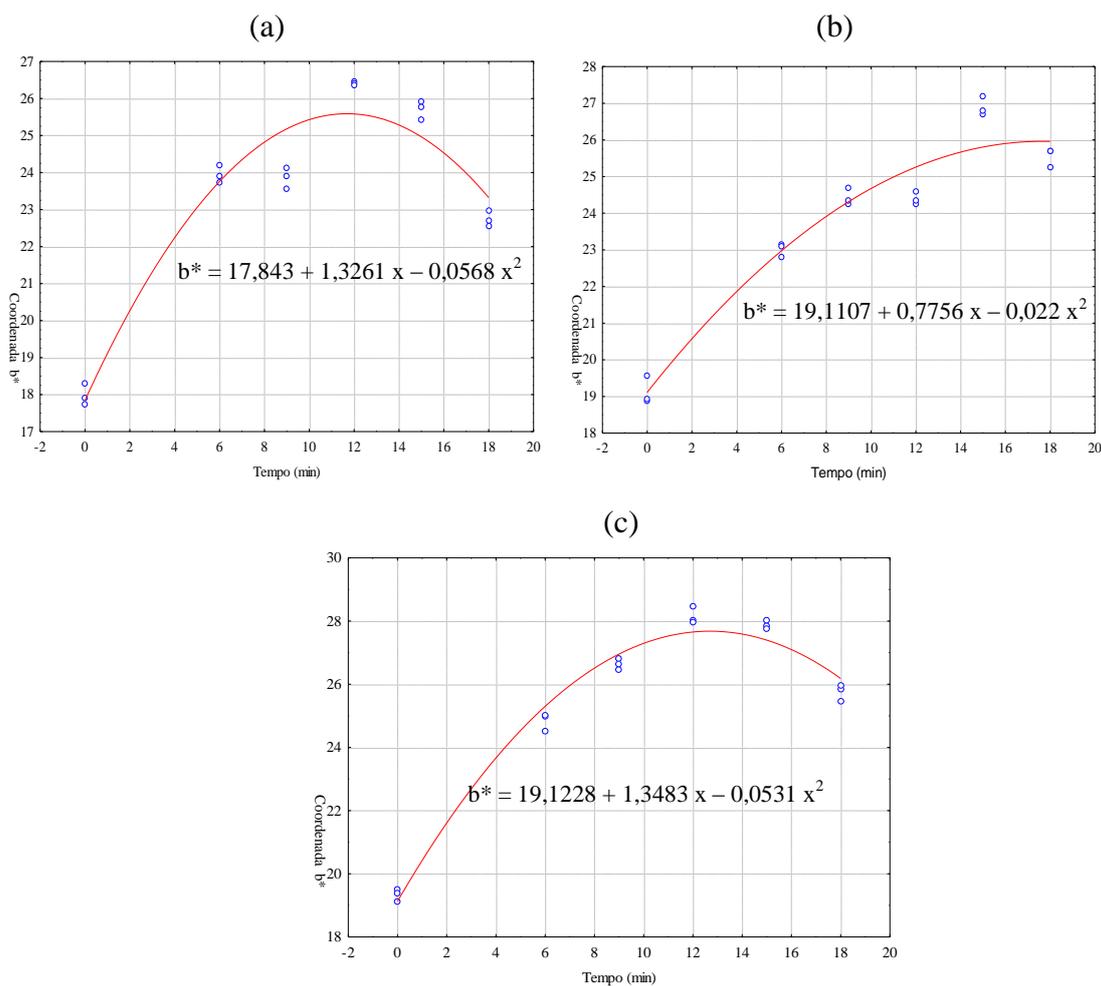
Devido aos poucos trabalhos encontrados na literatura sobre cor de farelo de arroz torrado, o efeito de outros tratamentos térmicos em grãos de arroz foi pesquisado. Garcia (2009), ao estudar o efeito da época de colheita na qualidade do arroz de terras altas submetidos a parboilização, observou o escurecimento (menores valores de  $L^*$ ) dos grãos de arroz, quando submetidos ao processo de parboilização. A cv. BRS Sertaneja escureceu mais em relação a cv. BRS Primavera, fato semelhante ao observado neste trabalho. Para Lamberts et al. (2008), uma das principais causas do escurecimento e amarelecimento dos grãos de arroz

submetidos a parboilização é a reação de Maillard. Esta reação engloba-se uma série de reações complexas entre açúcares redutores e proteínas, que ocorre durante processos tecnológicos e é acelerada pela aplicação de tratamento térmico. Assim, está presente nas operações de cocção, torra e pasteurização (ORDÓÑEZ, 2005).



**Figura 14** – Coordenada de cromaticidade  $a^*$  dos farelos das cultivares BRS Sertaneja (a), BRS Primavera (b) e IRGA 417 (c) em relação ao tempo de torra (min).

Zanão et al. (2009) ao estudarem o efeito da irradiação gama nas propriedades físico-químicas de farinha de arroz, relataram valores de 67,93, 0,9 e 9,96, para  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  respectivamente, inferiores ao deste trabalho, quando comparados o farelo cru e a farinha de arroz sem irradiação. Observaram que quanto maior a dose de irradiação e o tempo, maior os valores de  $b^*$ .



**Figura 15** – Coordenada de cromaticidade  $b^*$  dos farelos das cultivares BRS Sertaneja (a), BRS Primavera (b) e IRGA 417 (c) em relação ao tempo de torra (min).

No geral, observou-se que os farelos de todas as cultivares apresentaram escurecimento, amarelamento e o avermelhamento com o aumento do tempo de torra (Figuras 16, 17 e 18). Assim, quanto maior o tempo de torra mais escuro (menores valores de  $L^*$ ), mais amarelado (maiores valores de  $b^*$ ) e avermelhado (maiores valores de  $a^*$ ) se tornaram os farelos. Fato que pode ser explicado pela série de reações que ocorreram, principalmente a reação de Maillard, na qual não se observa o aparecimento de cor na fase inicial, apenas quando se aumenta o poder reductor com o aumento do tempo de torra. Na fase inicial da reação ocorre a condesação 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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -dicarbonilas.

E a última sequência de reações é a degração de Strecker, que ocorre quando os grupos  $\alpha$ -dicarbonila reagem com os  $\alpha$ -aminoácidos sob altas temperaturas, produzindo a degração do alimento e formando pigmentos de cor pardo-avermelhado intenso, denominados de melanoidinas (ORDÓÑEZ, 2005).

Outra reação que, provavelmente, ocorreu durante a torração dos farelos foi a caramelização. Esta é o 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. A velocidade de formação destes compostos intensifica-se conforme aumentam o pH e a temperatura (ABDUL-HAMID et al., 2007; AZEREDO; BRITO; GARRUTI, 2004; BEMILLER; WHISTLER, 1996).

Mridula et al. (2007) avaliaram o efeito do tempo de torra na textura, cor e aceitabilidade de um tipo de *snack* (*sattu*) elaborado com soja e consumido no norte da Índia, e observaram resultado semelhante ao encontrado neste trabalho, observando que com aumento do tempo de torra, há a redução no valor da coordenada  $L^*$  e o aumento das coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ , indicando o escurecimento do produto. Mridula, Goyal e Manikantan (2008) estudaram o efeito do tempo de torra na textura, cor e aceitabilidade de sorgo para fabricação de *sattu* e observaram o mesmo comportamento do trabalho acima mencionado.

Fernandes et al. (2008) ao estudarem o efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha da casca de batata, relataram parâmetros instrumentais de cor para a farinha crua com  $L^*$  de 59,52,  $a^*$  de 5,00 e  $b^*$  de 14,68 e que esta poderia ser utilizada na substituição parcial da farinha de trigo. Verificou-se, neste trabalho, que o tempo ideal para obter um farelo de arroz com características de produto torrado é de 12 min, pois quando intensifica-se o escurecimento o mesmo apresenta coloração caramelo e aroma característico de produto torrado, como pode ser verificado pela caracterização na análise sensorial. Entretanto, a reação de Maillard, neste tempo de torra, influi bastante na redução do valor nutritivo, devido as perdas de aminoácidos durante o processo, pois as reações ocorrem a todo momento entre os aminoácidos e açúcares redutores do alimento, durante a torra.



**Figura 16** – Farelos de arroz (cultivar BRS Sertaneja) torrados durante 0 min (a), 6 min (b), 9 min (c), 12 min (d), 15 min (e) e 18 min (f).



**Figura 17** – Farelos de arroz (cultivar BRS Primavera) torrados durante 0 min (a), 6 min (b), 9 min (c), 12 min (d), 15 min (e) e 18 min (f).



**Figura 18** – Farelos de arroz (cultivar IRGA 417) torrados durante 0 min (a), 6 min (b), 9 min (c), 12 min (d), 15 min (e) e 18 min (f).

### 5.2.2 Atividade de água

A atividade de água ( $A_w$ ) dos farelos de arroz cru e torrados das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 estão apresentados na Tabela 13.

**Tabela 13** – Valores médios seguidos pelos desvios-padrão da atividade de água nos farelos de arroz cru e torrados em 6, 9, 12, 15 e 18 min das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417.

Característica	Tempo (min)	BRS Sertaneja	BRS Primavera	IRGA 417
$A_w^1$	0	0,56±0,03 <sup>A</sup>	0,50±0,00 <sup>B</sup>	0,56±0,00 <sup>A</sup>
	6	0,30±0,00 <sup>B</sup>	0,27±0,01 <sup>C</sup>	0,35±0,00 <sup>A</sup>
	9	0,30±0,00 <sup>A</sup>	0,27±0,00 <sup>B</sup>	0,23±0,00 <sup>C</sup>
	12	0,16±0,00 <sup>B</sup>	0,30±0,00 <sup>A</sup>	0,30±0,00 <sup>A</sup>
	15	0,21±0,00 <sup>B</sup>	0,23±0,01 <sup>A</sup>	0,13±0,01 <sup>C</sup>
	18	0,14±0,00 <sup>C</sup>	0,27±0,01 <sup>A</sup>	0,18±0,00 <sup>B</sup>

<sup>1</sup>Letras iguais na mesma linha não diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A  $A_w$  de um alimento é definida como a água disponível para o crescimento microbiano e demais reações de natureza física, química e enzimática que deterioram os alimentos (FERREIRA NETO; FIGUEIREDO; QUEIROZ, 2005; FERREIRA; PENA, 2003).

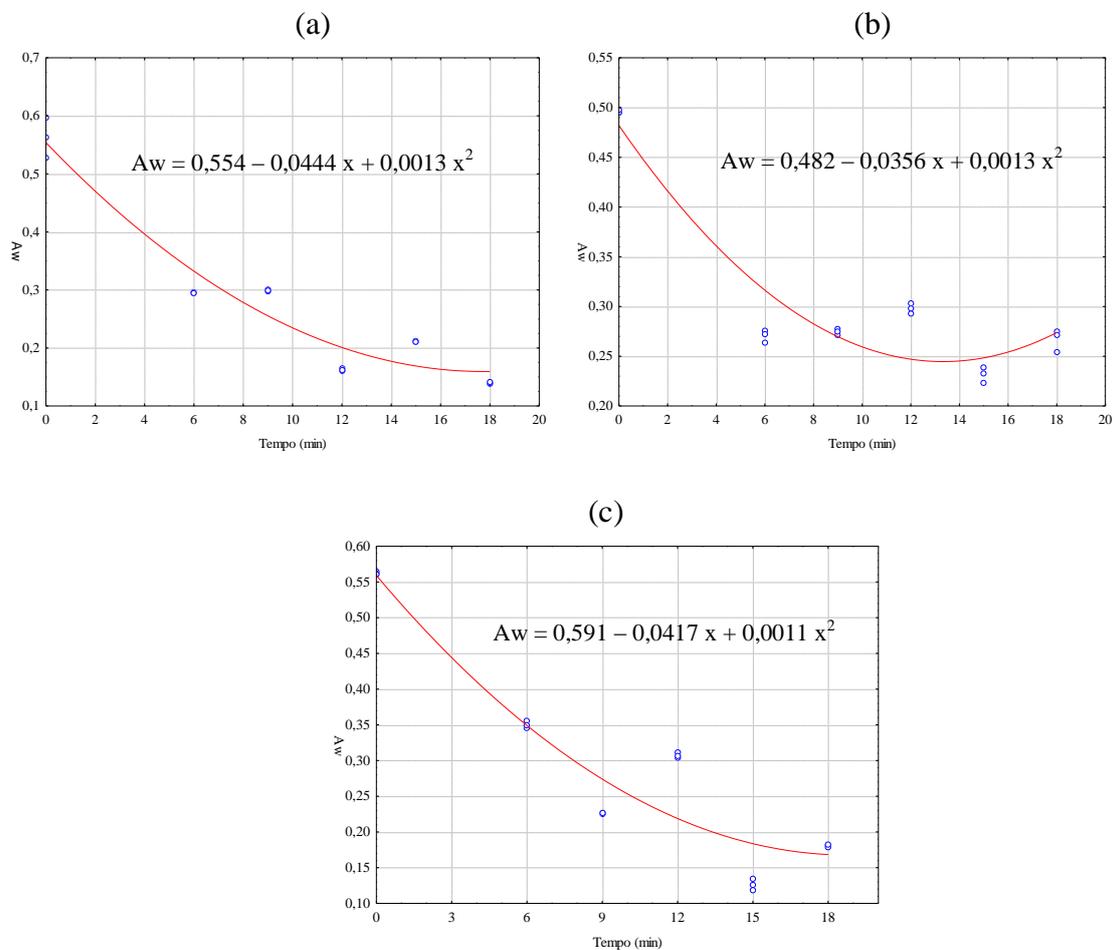
O farelo cru da cv. BRS Primavera apresentou menor teor de  $A_w$  (0,50) e se diferenciou ( $p \leq 0,05$ ) dos farelos das cultivares BRS Sertaneja (0,56) e IRGA 417 (0,56), que não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ). Chisté et al. (2006) avaliaram as características físico-químicas e microbiológicas de diferentes amostras de farinhas de mandiocas, produzidas no Estado do Pará e encontraram  $A_w$  entre 0,31 a 0,59. Valores dentro desta faixa foram encontrados neste trabalho para os farelos de arroz cru das cultivares estudadas.

Nos tempos de torra de 6, 9, 15 e 18 min houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) de  $A_w$  entre os farelos das três cvs. estudadas. Com 6 min de torra, o farelo da cv. IRGA 417 apresentou maior  $A_w$  (0,35) e o da cv. BRS Primavera menor (0,27). Com 9 min de torra, o farelo da cv. BRS Sertaneja apresentou maior  $A_w$  (0,30) e o farelo da cv. IRGA 417 menor (0,23). O farelo da cv. BRS Sertaneja, no tempo 12 min de torra, diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) dos demais, apresentando menor  $A_w$  (0,16). A partir de 15 min de torra, a cv. BRS Primavera apresentou maiores  $A_w$  (Tabela 13).

As diferenças dos teores de  $A_w$  podem ser explicados devido às diferenças químicas entre as cultivares analisadas e às possíveis diferentes condições de armazenamento até o processamento. Os farelos de arroz cru já possuem valor de  $A_w$  abaixo de 0,6, variando entre 0,5 a 0,56, sendo considerados sobre o ponto de vista microbiológico estáveis. Mas após 6 min de torra atingiram  $A_w$  menores que 0,30, podendo ficar mais suscetíveis à oxidação de

lipídios. A  $A_w$  de um alimento quando reduzida para um nível mínimo ( $< 0,3$ ), não terá mais água disponível para o crescimento microbiano (FERREIRA NETO; FIGUEIREDO; QUEIROZ, 2005), porém, poderá acelerar o processo de oxidação dos lipídios (AZEREDO et al., 2004).

As médias de  $A_w$  para os farelos de arroz da cv. BRS Sertaneja variaram entre 0,14 e 0,56, de 0,23 a 0,5 para cv. BRS Primavera e entre 0,13 e 0,56 para os farelos da cv. IRGA 417. O valor da  $A_w$  para os farelos das três cultivares tendeu à diminuição (Figura 19), ou seja, com aumento do tempo de torra houve uma redução da  $A_w$ , fato esperado devido a perda de água livre do farelo de arroz. As equações de regressão para a  $A_w$  em relação ao tempo de torra foram significativas para as três cultivares ( $p \leq 0,05$ ), com coeficientes de determinação de 0,9259 para a cultivar BRS Sertaneja, 0,8656 para a BRS Primavera e 0,8722 para a IRGA 417, sendo significativos os efeitos linear e quadrático ( $p = 0,0000$ ) para todas as três cultivares (Tabela 14, Anexo D).



**Figura 19** – Atividades de água ( $A_w$ ) dos farelos das cultivares BRS Sertaneja (a), BRS Primavera (b) e IRGA 417 (c) em relação ao tempo de torra (min).

**Tabela 14** – Modelos de regressão ajustados, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e significância (P) da atividade de água dos farelos de arroz das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 em relação ao tempo de torra em microondas.

Parâmetro	Cultivar	Equação	$R^2$	P
Aw	BRS Sertaneja	$0,554 - 0,0444 X + 0,0013 X^2$	0,9259	0,0004
	BRS Primavera	$0,482 - 0,0356 X + 0,0013 X^2$	0,8656	0,0000
	IRGA 417	$0,5591 - 0,0417 X + 0,0011 X^2$	0,8722	0,0084

O processo de torra do farelo de arroz reduz a umidade, implicando numa diminuição automática da atividade de água até um nível mínimo. Essa redução da Aw é favorável para os produtos alimentícios, pois o comportamento dos microrganismos em relação a Aw mínima e ótima é bastante variável. Em geral, as bactérias requerem Aw mais alta que os fungos. A maioria das bactérias deteriorantes não se multiplica em Aw inferior a 0,90, enquanto que os fungos podem fazê-lo em Aw de até 0,80. Há exceções para essas regras, como, por exemplo, as bactérias halofílicas, que podem crescer em Aw de até 0,76, para bolores xerofílicos de 0,65 e para leveduras osmofílicas de 0,60. Dessa forma, considera-se o valor de Aw de 0,60 limitante para multiplicação microbiana, embora eles ainda possam sobreviver (AZEREDO et al., 2004).

Ferreira Neto, Figueiredo e Queiroz (2005) realizaram a avaliação sensorial e a atividade de água em farinhas de mandioca temperadas com corante natural de urucum, cloreto de sódio, cebola em pó e gordura animal, com sete períodos de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias), e relataram valores de Aw entre 0,384 a 0,479 para a farinha de mandioca crua e de 0,105 a 0,280 para as farinhas temperadas, semelhantes nos obtidos neste trabalho.

Portanto, quando se reduz a Aw para valores entre 0,30 e 0,60, a vida-de-prateleira se prolonga, desde que o produto seja embalado de modo a manter a atividade de água constante ao longo do tempo de armazenagem, impedindo, assim, o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e a consequente deterioração do produto (BARBUTI; PAROLARI, 2000; SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA, CANAVES, 2001). Quando a atividade de água é inferior a 0,30, atinge-se a zona de adsorção primária, onde as moléculas de água poderão estar ligadas a grupos como as carboxilas (COOH) e, por sua vez, ligar-se a outras moléculas de água por pontes de hidrogênio. Está água estaria recobrando o alimento como uma camada, não utilizável para dissolver componentes do alimento, o que poderia levar à aceleração da oxidação dos lipídios (AZEREDO et al., 2004).

### 5.3 ANÁLISES SENSORIAL DOS FARELOS DE ARROZ TORRADOS

#### 5.3.1 Método diferença do controle

O método de diferença do controle foi utilizado para verificar se os farelos de arroz de cada cultivar diferenciavam-se com o farelo com menor tempo de torra para, posteriormente, analisar alguns farelos torrados selecionados pelo método sensorial descritivo e por análises químicas.

Os resultados do teste de Diferença do Controle (Tabela 15) indicaram que existe diferença sensorial entre os farelos com diferentes tempos de torra. Para a cv. BRS Sertaneja, não foi observada diferença ( $p \geq 0,05$ ) entre as amostra com 6 e 9 min de torra e a amostra controle, mas houve diferença significativa entre o controle e as amostras com 12, 15 e 18 min de torra. Para as cultivares IRGA 417 e BRS Primavera, todos os tempos de torra diferiram da amostra controle ( $p \leq 0,05$ ). Os desvios-padrão das médias foram altos, espelhando que os provadores não foram treinados.

**Tabela 15-** Escores médios, e desvios-padrão respectivos, atribuídos pelos provadores no Teste de Diferença do Controle para farelos de arroz das cultivares BRS Sertaneja (S), BRS Primavera (P) e IRGA 417 (I) submetidos a diferentes tempos de torra. <sup>1,2</sup>

Tratamento	Escore	Tratamento	Escore	Tratamento	Escore
S6 (Controle)	1,13±0,97	I6 (Controle)	0,83*±1,15	P6 (Controle)	0,96*±1,11
S9	1,39±1,34	I9	1,57*±1,24	P9	1,83*±1,37
S12	2,91*±0,90	I12	3,00*±0,85	P12	2,26*±1,01
S15	3,35*±1,07	I15	2,74*±1,14	P15	3,57*±0,73
S18	3,26*±0,81	I18	3,26*±0,96	P18	3,74*±0,69

1 Médias de 24 notas ± desvio padrão. 0= nenhuma diferença 4 = extremamente diferente;

2 Médias com asterisco na mesma coluna apresentam diferença significativa do controle ( $p \leq 0,05$ ).

De acordo com os resultados do Teste Diferença do Controle entre os farelos com 6 e 9 min de torra da cv. BRS Sertaneja, poderia-se selecionar qualquer uma das duas amostras para o teste descritivo. O mesmo não ocorreu nas cvs BRS Primavera e IRGA 417. Consideraram-se as observações dos provadores. Aproximadamente 17% deles relataram que os farelos de arroz submetidos a 18 min de torra apresentavam sabor de queimado, considerando-os como desagradável; 12% citaram que as amostras com 6 min de torra

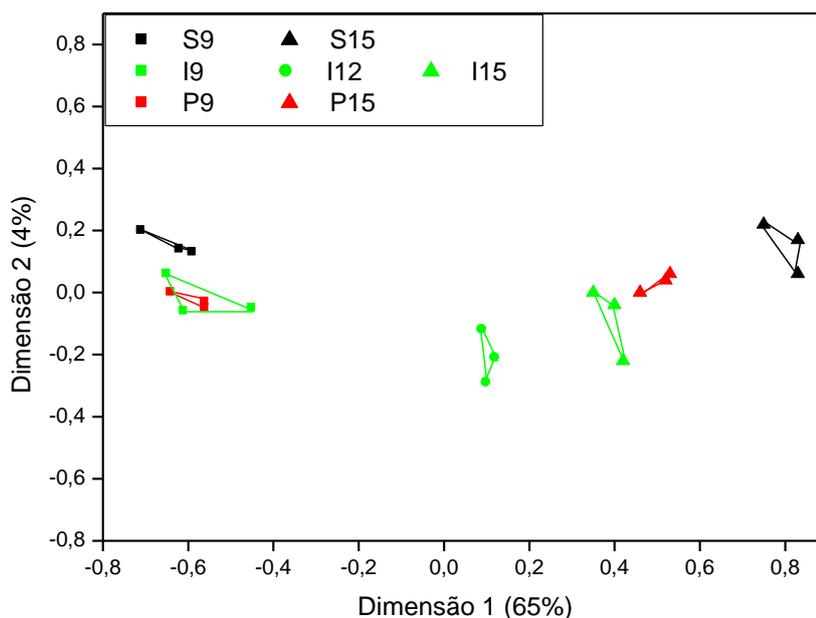
apresentavam sabor característico de farelo cru (ranço) e 7% observaram que o farelo de arroz da cv. IRGA 417 era mais adocicado, sendo que a com 12 min de torra apresentava sabor doce e característico de torra. Portanto, partindo dessas observações, excluiu-se a possibilidade de realizar o teste descritivo com as amostras com 6 e 18 min de torra das três cultivares e selecionou-se as com tempo de torra de 9 e 15 min das três cultivares, pois teriam maior probabilidade de terem características diferentes, e incluiu-se a com 12 min de torra da cultivar IRGA 417, devido seu sabor adocicado, totalizando sete amostras, que foram submetidas a análise descritiva de Perfil Livre e, posteriormente, à análise química. A escolha de sete amostras para análise descritiva de Perfil Livre foi devido a possibilidade de saturação dos provadores, principalmente por serem amostras secas e torradas, e o delineamento experimental para Perfil Livre ser considerado mais adequado com sete amostras (COCHRAN; COX, 1957).

### **5.3.2 Avaliação sensorial descritiva de Perfil Livre dos farelos de arroz torrados**

A equipe de provadores levantou termos diferenciados para a caracterização da aparência, aroma, sabor e textura das amostras. Os atributos levantados pelos provadores variaram em número de sete a onze. Observou-se que as definições para os atributos foram bem parecidos, em alguns casos coincidentes, apesar de os provadores terem tido a liberdade de utilizar os atributos desejados, uma vez que a Análise de Procustes Generalizada permite eliminar variações, devido a diferentes interpretações dos termos descritivos.

Na Figura 20, pode-se observar o gráfico da configuração de consenso da equipe para as amostras, em relação aos atributos de aparência, de aroma, de sabor e de textura. A primeira dimensão foi responsável por 64,58% de explicação e a segunda dimensão 3,69% de variabilidade (Tabela 16). Pode-se observar que os produtos foram bem caracterizados e o valor total de variância explicado foi alto (68,27%) para dados de Perfil Livre, onde a variabilidade explicada é usualmente menor quando comparada com outros métodos descritivos, pelo menor treinamento dos provadores (CALEGUER; BENASSI, 2007).

A dimensão 1 (Figura 20) foi associada a intensidade de torra das amostras, sendo explicada na direção positiva por atributos de cor (caramelo, marrom), aroma (queimado, torrado) e sabor (torrado, queimado, caramelo), que tiveram uma alta correlação para todos os provadores (Tabela 16). Amostras configuradas mais a direita tiveram maior tempo de torra (15 min), enquanto as configuradas mais a esquerda apresentaram menor tempo de torra (9 min) e a com 12 min de torra da cv. IRGA 417 foi alocada no centro do gráfico de consenso (Figura 19).



**Figura 20** – Consenso das amostras no Teste Perfil Livre.

**Tabela 16.** Porcentagem de explicação bidimensional do Teste Perfil Livre.

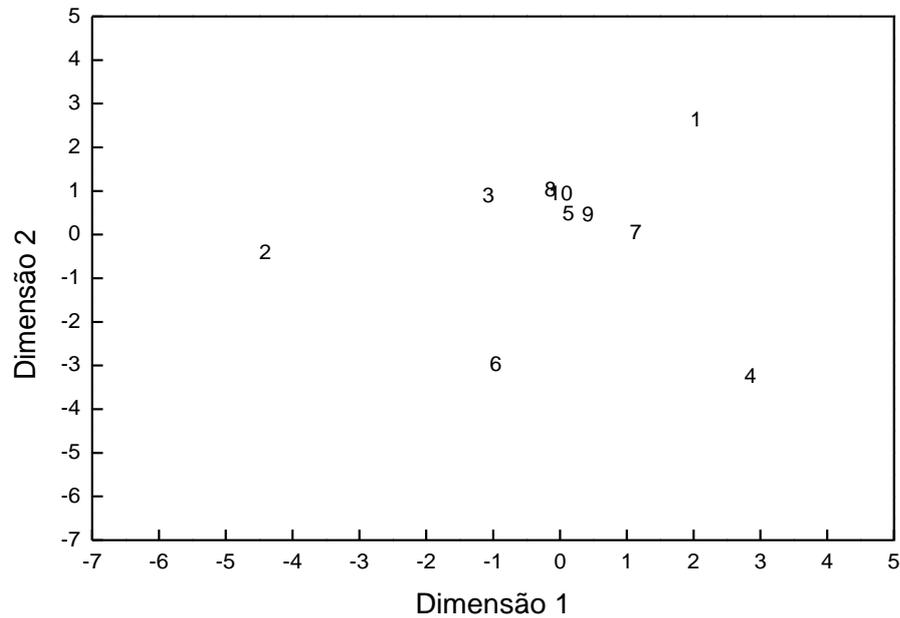
Dimensão	Explicação (%)		
	Consenso	Resíduo	Total
1	64,58	7,63	72,21
2	3,69	3,34	7,03

A dimensão 2 foi pouco importante para a discriminação das amostras, sendo correlacionada aos atributos de sabor doce, positivamente, e sabor amargo, negativamente. Essa dimensão ajudou na diferenciação da cv. BRS Sertaneja em relação às cvs. IRGA 417 e BRS Primavera, principalmente no tempo inicial de torra.

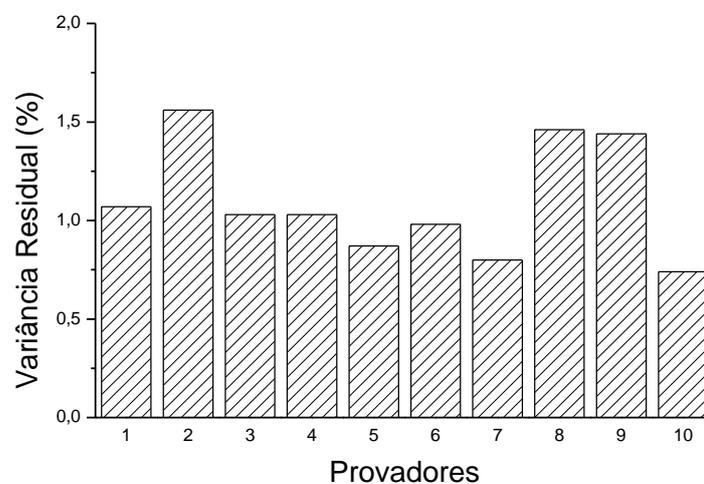
A cv. BRS Sertaneja ficou bem definida. O triângulo mais a direita e mais no alto, era o de maior tempo de torra e caracterizou-se por apresentar sabor e odor torrado e queimado; já o triângulo mais a esquerda e mais no alto, com o menor tempo de torra, caracterizou-se por apresentar aroma e sabor mais característico de farelo de arroz cru (ranço). Já as cvs. IRGA 417 e BRS Primavera foram caracterizadas da mesma maneira, mas os triângulos estavam alocados mais abaixo no gráfico e bem próximos, significando semelhança entre as cultivares. A amostra de 12 min de torra da cv. IRGA 417 se alocou mais ao centro do gráfico, o que significa, que este tempo de torra foi menos intenso, não apresentando odor e sabor de queimado, nem característico de farelo de arroz cru. As amostras mais a direita do gráfico,

que correspondem aos maiores tempos de torra, foram caracterizadas com sabor amargo e textura seca.

Para avaliar a eficiência da equipe, consideraram-se as configurações dos provadores, as variâncias residuais (Figuras 21 e 22) e a configuração das amostras para cada provador. A configuração da equipe e os valores das variâncias residuais não mostraram comportamentos diferenciados.



**Figura 21** – Configuração geral dos provadores no Teste Perfil Livre.



**Figura 22** - Distribuição da variância residual dos provadores no Teste Perfil Livre.

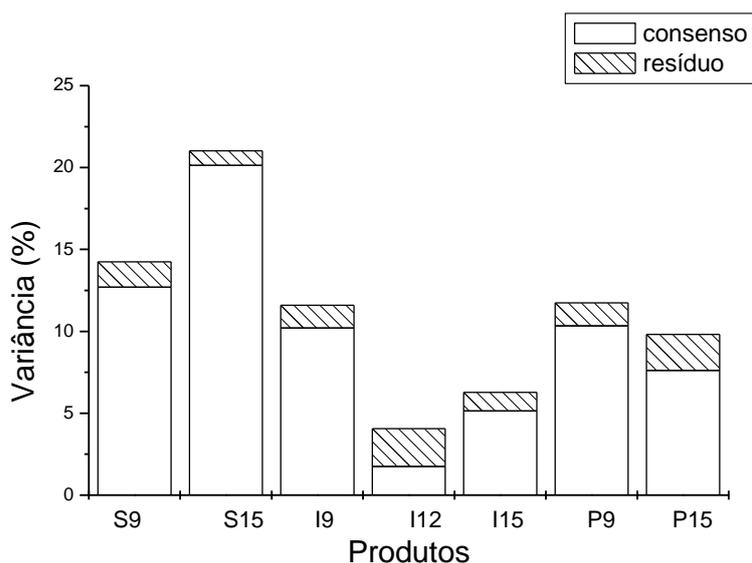
Considerando a configuração da equipe e as porcentagens de variância residual, haveria a possibilidade dos provadores 1, 2, 4 e 6 estarem dificultando o consenso (Figura

21). Analisaram-se, 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. Richter (2006) realizou um estudo com a técnica de Perfil Livre em pudins com diferentes características sensoriais e, também, utilizou duas dimensões para explicação (38% de variância), 25 % de explicação na dimensão 1 e 13% na dimensão 2. Caleguer e Benassi (2007) relataram, ao caracterizar sensorialmente através do 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, através do Perfil Livre, as características sensoriais de 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 quando comparado com esta pesquisa. Thamke, Durrschmid e Rohm (2009), relataram ao estudar comportamento analítico dos consumidores de duas diferentes localizações (Vienna na Áustria e Dresden na Alemanha) para caracterizar chocolate ao leite, que em ambas as localidades conseguiram mais de 80% de explicação, utilizando as 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.

As amostras S9 e S15 foram as que mais tiveram consenso entre os provadores. Já as amostras I12 e I15 foram as que menos tiveram consenso, sendo, portanto, mais difícil a discriminação para os provadores (Figura 23).



**Figura 23** – Distribuição do consenso entre as amostras no Teste Perfil Livre.

A partir da caracterização dos farelos torrados das cvs. de arroz BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, foram confirmadas as observações dos provadores pelo método de Diferença do Controle, que a cv. IRGA 417 apresentava sabor e aroma mais doce em relação as cvs. BRS Sertaneja e BRS Primavera. Portanto, de acordo com os resultados de Perfil Livre, o farelo da cv. de arroz IRGA 417 torrado com 12 min foi caracterizado com um sabor e aroma mais adocicado e mais característico de produto torrado, em relação as amostras com 9 min (caracterizado com aroma e sabor de farelo cru) e 15 min (caracterizado com aroma e sabor de farelo torrado queimado) (Figura 20). Além do farelo da cv. de arroz IRGA 417 torrado em 12 min ter alto valor nutricional, pois é rico em proteínas, lipídios e fibras (Tabela 17), e possuir menor teor de ácido fítico em relação ao farelo cru (Tabela 18), ele ainda foi caracterizado como de aroma e sabor adocicados e de torrados, com coloração caramelo, o que pode ser favorável para sua aplicação em barras de cereais, proporcionando um aroma e sabor mais doce ao produto, além de um aspecto melhor devido sua coloração.

## 5.4 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS FARELOS DE ARROZ CRU E TORRADO

As composições centesimais dos farelos de arroz cru e torrados das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 estão expressos na Tabela 17.

**Tabela 17** – Composição centesimal dos farelos de arroz crus e torrados das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 em relação ao tempo de torra.<sup>1</sup>

Componente [(g (100 g) <sup>-1</sup> ]	Tempo (min)	BRS Sertaneja <sup>3</sup>	BRS Primavera	IRGA 417
Umidade <sup>2</sup>	0	10,33±0,06 <sup>Ab</sup>	10,30±0,07 <sup>Ab</sup>	11,54±0,04 <sup>Aa</sup>
	9	2,99±0,16 <sup>Ba</sup>	2,74±0,15 <sup>Ba</sup>	2,53±0,30 <sup>Ba</sup>
	12	-	-	1,82±0,04 <sup>C</sup>
	15	1,63±0,01 <sup>Cb</sup>	1,8±0,05 <sup>Ca</sup>	1,19±0,01 <sup>Dc</sup>
Cinzas	0	7,89±0,03 <sup>Cc</sup>	9,35±0,03 <sup>Ab</sup>	11,90±0,08 <sup>Ca</sup>
	9	8,31±0,09 <sup>Bb</sup>	7,95±0,09 <sup>Cc</sup>	13,99±0,02 <sup>ABa</sup>
	12	-	-	14,08±0,02 <sup>A</sup>
	15	8,68±0,01 <sup>Ab</sup>	8,15±0,02 <sup>Bc</sup>	13,88±0,03 <sup>Ba</sup>
Proteínas	0	19,31±0,09 <sup>Aa</sup>	17,14±0,30 <sup>Ab</sup>	17,18±0,09 <sup>Ab</sup>
	9	16,67±0,11 <sup>Ba</sup>	16,77±0,19 <sup>Aa</sup>	13,78±0,09 <sup>Cb</sup>
	12	-	-	14,14±0,04 <sup>B</sup>
	15	16,82±0,18 <sup>Ba</sup>	17,17±0,22 <sup>Aa</sup>	14,03±0,06 <sup>Bb</sup>
Lipídios	0	18,84±0,88 <sup>Ba</sup>	18,54±0,24 <sup>Aa</sup>	19,25±0,62 <sup>Ba</sup>
	9	20,35±0,17 <sup>Aa</sup>	15,06±0,17 <sup>Cc</sup>	17,36±0,19 <sup>Cb</sup>
	12	-	-	20,31±0,17 <sup>A</sup>
	15	17,96±0,05 <sup>Ba</sup>	16,19±0,05 <sup>Bc</sup>	16,75±0,04 <sup>Cb</sup>
Fibra Alimentar Solúvel	0	3,15±0,64 <sup>Aa</sup>	2,80±0,01 <sup>Aa</sup>	2,28±0,05 <sup>Ba</sup>
	9	1,15±0,08 <sup>Bb</sup>	1,96±0,33 <sup>Ba</sup>	1,80±0,17 <sup>Ca</sup>
	12	-	-	1,83±0,29 <sup>BC</sup>
	15	1,39±0,040 <sup>Bc</sup>	2,83±0,09 <sup>Ab</sup>	3,58±0,13 <sup>Aa</sup>
Fibra Alimentar Insolúvel	0	23,36±0,35 <sup>Cb</sup>	26,46±0,66 <sup>Ba</sup>	16,49±1,10 <sup>Cc</sup>
	9	34,91±0,09 <sup>Ba</sup>	31,76±1,21 <sup>Ab</sup>	36,56±0,07 <sup>Ba</sup>
	12	-	-	36,70±1,54 <sup>B</sup>
	15	42,62±0,13 <sup>Aa</sup>	32,36±0,08 <sup>Ab</sup>	40,21±1,88 <sup>Aa</sup>
Fibra Alimentar Total	0	26,51±0,29 <sup>Cb</sup>	29,26±0,67 <sup>Ba</sup>	18,77±1,06 <sup>Cc</sup>
	9	36,06±0,17 <sup>Bb</sup>	33,72±1,54 <sup>Ac</sup>	38,36±0,23 <sup>Ba</sup>
	12	-	-	38,53±1,83 <sup>B</sup>
	15	44,01±0,17 <sup>Aa</sup>	35,18±0,01 <sup>Ab</sup>	43,79±1,75 <sup>Aa</sup>
Carboidratos	0	27,44±1,14 <sup>Ab</sup>	25,71±0,67 <sup>ABb</sup>	32,89±1,11 <sup>Aa</sup>
	9	18,62±0,54 <sup>Bb</sup>	26,49±1,99 <sup>Aa</sup>	16,50±0,03 <sup>Bb</sup>
	12	-	-	12,93±1,63 <sup>C</sup>
	15	12,54±0,05 <sup>Cb</sup>	23,32±0,18 <sup>Ba</sup>	11,54±1,68 <sup>Cb</sup>

<sup>1</sup> Valores médios seguidos pelos desvios-padrão obtidos de 3 repetições com exceção das fibras (2 repetições), com todos os componentes calculados em base seca e umidade em base úmida;

<sup>2</sup> Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença entre as cultivares dentro de cada tempo de torra (Tukey,  $p \leq 0,05$ );

<sup>3</sup> Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tempos de torra de cada cultivar (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

### 5.4.1 Umidade

A umidade dos farelos de arroz crus variou entre 10,30 a 11,54 g (100 g)<sup>-1</sup>. A cv. IRGA 417 diferiu das demais ( $p \leq 0,05$ ) e apresentou maior conteúdo de umidade [11,54 g (100 g)<sup>-1</sup>] que os das cvs. BRS Primavera e BRS Sertanteja, que não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ), provavelmente devido às diferentes condições de secagem que as cultivares foram submetidas na pós-colheita na pós-colheita. O farelo de arroz no tempo 9 min de torra não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre as cultivares estudadas, variando entre 2,53 a 2,99 g (100 g)<sup>-1</sup>. Com 15 min de torra, todos os farelos diferiram entre si ( $p \leq 0,05$ ) em relação ao teor de umidade, sendo maior no farelo de arroz da cv. BRS Primavera e o menor na cv. IRGA 417, 1,8 g (100 g)<sup>-1</sup> e 1,19 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente.

As diferenças obtidas podem ser devido à diferença na composição dos farelos, que influenciam na capacidade de retenção de água após a torração. As fibras possuem elevada capacidade de retenção de água (CAUVAIN; YOUNG, 2002; DIAS et al., 1994). Após 15 min de torra, a cv. IRGA 417 que possuía menor teor de fibra alimentar total no tempo 0 e menor teor de umidade, reteve menor teor de umidade, elevando o conteúdo de fibra alimentar total.

Analisando cada cultivar separadamente, houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre os tempos de torras para cada cultivar, fato esperado devido ao processo de torra a que os farelos foram submetidos, pois o aquecimento no forno microondas pode reduzir a umidade em até 60 % (RAMEZANZADEH et al., 2000).

Alencar e Alvarenga (1991) reportaram valor de umidade de 10,73 g (100g)<sup>-1</sup> e 2,06 g (100g)<sup>-1</sup> em farelo de arroz (cultivar não identificada) cru e torrado em panela à 105 °C por 10 min, valor semelhante ao encontrado nesta pesquisa. Silva, Sanches e Amante (2006) reportaram um teor de umidade de 7,96 g (100 g)<sup>-1</sup> e 3,47 g (100 g)<sup>-1</sup> para os farelos de arroz da cv. EPAGRI 108, produzido em Santa Catarina, cru e torrado em panela a 120 °C por 20 min, respectivamente, valores inferiores para o farelo cru e superiores para o farelo torrado obtidos neste trabalho.

A perda de umidade devido ao processo de torra do farelo de arroz, seja por microondas ou panela, pode favorecer a sua conservação durante o armazenamento, mantendo a sua qualidade. Yeo e Shibamoto (1991), ao estudar o efeito do conteúdo de umidade no escurecimento de Maillard em um sistema modelo de L-cisteína e D-glicose sobre irradiação de microondas, relataram que a redução do conteúdo de umidade ocorreu na etapa inicial da irradiação de microondas, conforme ocorrido neste estudo.

### 5.4.2 Cinzas

O conteúdo de cinzas variou entre 7,89 e 11,90 g (100 g)<sup>-1</sup> nos farelos de arroz crus, de 7,95 a 13,99 g (100 g)<sup>-1</sup> com 9 min de torra e de 8,15 a 13,88 g (100 g)<sup>-1</sup> com 15 min de torra. Houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre as cultivares em cada tempo de torra, e entre os respectivos tempos de torra dentro de cada cultivar. A cultivar IRGA 417 apresentou teor de cinzas maior em relação as demais cultivares em cada tempo de torra (0, 9 e 15 min). A cv. IRGA 417 é classificada como cultivar irrigada e as cvs. BRS Sertaneja e BRS Primavera são de terras altas, e conforme relatado na literatura, o teor de cinzas depende da variedade, manejo, clima e localização geográfica da cultura de arroz (KRISHNARAO; MUKUND; CHAKRABORTY, 1991).

Abdul-Hamid et al. (2007) reportaram valor de 8 g (100 g)<sup>-1</sup> de cinzas para o farelo de arroz torrado em panela a 80 °C por 7 min, observando um valor um pouco maior em relação ao farelo cru [7 g (100 g)<sup>-1</sup>], fato que também ocorreu neste trabalho. Alencar e Alvarenga (1991), também verificaram um comportamento próximo ao verificado neste trabalho em relação ao teor de cinzas do farelo cru e do farelo submetido ao processo de torra em panela, 7,86 g (100 g)<sup>-1</sup> e 9,30 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente.

### 5.4.3 Proteínas

O teor protéico dos farelos de arroz cru variou entre 19,31 a 17,14 g (100 g)<sup>-1</sup>, o farelo da cv. BRS Sertaneja apresentou maior teor de proteínas [19,31 g (100 g)<sup>-1</sup>], diferenciando-se ( $p \leq 0,05$ ) dos farelos das cvs. BRS Primavera e IRGA 417, que não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si. Os teores de proteínas dos farelos torrados com 9 e 15 min variaram entre 13,78 a 16,77 g (100 g)<sup>-1</sup> e 14,03 a 17,17 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente. O farelo da cv. IRGA 417 se diferenciou ( $p \leq 0,05$ ) do farelo das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja com 9 e 15 min de torra, estes não diferiram ( $p \geq 0,05$ ) entre si, apresentando a cv. IRGA 417 menores conteúdos protéicos [13,78 g (100 g)<sup>-1</sup> e 14,03 g (100 g)<sup>-1</sup>], respectivamente.

Analisando, separadamente, os farelos das três cultivares, o da cv. BRS Sertaneja variou o teor de proteínas entre 19,31 a 16,67 g (100 g)<sup>-1</sup>. O farelo de arroz cru se diferenciou ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos farelos torrados, que não se diferenciaram ( $p > 0,05$ ). Os farelos da cv. BRS Primavera não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre os tempos de torra, variando o conteúdo de proteínas de 16,77 a 17,17 g (100 g)<sup>-1</sup>. Para o farelo da cv. IRGA 417, o teor de proteínas variou entre 17,18 a 13,78 g (100 g)<sup>-1</sup>, e não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os tempos de torra de 12 e 15 min, que se diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos demais tempos de torra.

Essa diferença no teor de proteínas entre os farelos de arroz cru e os torrados, observada nas cultivares analisadas, pode ser explicada pelo desenvolvimento da Reação de Maillard nos farelos torrados, que consiste em uma complexa cadeia de reações químicas, envolvendo açúcares redutores e proteínas ou aminoácidos, responsáveis pela formação de compostos voláteis, melanoidinas entre outros (RUFÍAN-HENARES; GUERRA-HERNÁNDEZ; GARCÍA-VILLANOVA, 2004; RUFÍAN-HENARES; MORALES, 2007). Além da formação de compostos amargos, há uma redução do valor nutricional, resultante da perda de certos aminoácidos, como a lisina, devido a utilização na primeira etapa do desenvolvimento da reação de Maillard (MARTINS; JONGEN; VAN BOEKEL, 2000). De acordo com Juliano (1985), a proteína do farelo de arroz tem um maior teor de lisina do que as proteínas do endosperma do arroz ou qualquer outra proteína de outros farelos de cereais.

A proteína do farelo de arroz é de boa qualidade. Uma análise dos aminoácidos da proteína do farelo de arroz revela a presença de todos os aminoácidos essenciais para o homem. A digestibilidade da proteína do farelo encontra-se em torno de 70 -75%. Outra vantagem da proteína do farelo de arroz é a ausência de efeitos indesejáveis em indivíduos intolerantes ou alérgicos ao glúten (CARVALHO; BASSINELLO, 2006).

Amissah et al. (2003) encontraram teores de proteínas, em dezesseis variedades de farelo de arroz cru, variando entre 11,53-15,35 g (100 g)<sup>-1</sup>. Segundo Saunders (1990), o teor de proteínas variou entre 12,0 - 16 g (100 g)<sup>-1</sup> no farelo de arroz cru. Silva, Sanches e Amante (2006) e Ramezanzadeh et al. (2000) encontraram valores menores de proteínas para farelos crus [13,62 g (100 g)<sup>-1</sup> e 13,73 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente] e valores próximos aos deste trabalho para farelo torrado [17,5 g (100 g)<sup>-1</sup> e 17,5 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente]. A variação do conteúdo de proteína entre esses trabalhos pode ser explicada, provavelmente, devido às diferentes cultivares estudadas, assim, 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).

#### **5.4.4 Lipídios**

Em relação ao conteúdo de lipídios dos farelos, no tempo 0 (farelos crus) não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre as cultivares, e o teor de lipídios variou entre 18,54 e 19,25 g (100 g)<sup>-1</sup>. Nos tempos de 9 e 15 min de torra houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) do teor de lipídios entre as três cultivares estudadas. A cv. BRS Sertaneja foi a que apresentou maior teor de lipídios 20,35 g (100 g)<sup>-1</sup> e 17,96 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente. O conteúdo de lipídios variou entre

15,06 a 20,35 g (100 g)<sup>-1</sup> no tempo de 9 min e de 16,19 a 17,96 g (100 g)<sup>-1</sup> no tempo de 15 min.

Analisando, separadamente, os farelos das três cultivares estudadas, o da cv. BRS Sertaneja com 9 min de torra apresentou maior teor de lipídios ( $p \leq 0,05$ ) em relação ao farelo cru e ao torrado com 15 min, que não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ). Para a cv. BRS Primavera houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre os tempos de torra e os valores variaram de 15,06 a 18,54 g (100 g)<sup>-1</sup>. Os farelos da cv. IRGA 417 com 9 e 15 min de torra não se diferenciaram ( $p > 0,05$ ), mas se diferenciaram dos farelos torrados com 0, 9 e 12 min de torra ( $p \leq 0,05$ ), variando os teores de lipídios entre 16,75 e 20,31 g (100 g)<sup>-1</sup>.

Para as três cultivares foi observado primeiramente aumento e depois redução do conteúdo de lipídios durante o processo de torra. O aumento poderia ser explicado talvez, em função do rompimento de possíveis complexos entre lipídios-proteínas e/ou lipídios-carboidratos, pois em tempo menor de aquecimento desfaz interações mais fracas. Entretanto, houve um menor conteúdo de lipídios nos farelos de arroz torrados com 15 min, quando comparado com o farelo de arroz cru, fato que pode ser explicado pela pequena hidrólise e decomposição dos triglicerídeos e consequente liberação de ácidos graxos e formação de compostos voláteis responsáveis pelo aroma, após o maior tempo de torra (LICCIARDI et al., 2005).

Os farelos crus avaliados neste trabalho apresentaram conteúdo de lipídios próximos aos relatos por Ramezanzadeh et al. (2000), Feddern, Furlong e Soares (2007) e Amissah et al. (2003), 17,1-17,5 g (100 g)<sup>-1</sup>, 20,10 g (100 g)<sup>-1</sup> e 13,3-19,8 g (100 g)<sup>-1</sup> respectivamente. O conteúdo de lipídios do farelo de arroz pode variar de 10 a 23 g (100 g)<sup>-1</sup> (SAUDERS, 1985-86), faixas que incluem os valores verificados neste trabalho.

Os farelos submetidos ao processo de torra apresentaram valores inferiores [21,51 g (100 g)<sup>-1</sup>] ao verificado por Alencar e Alvarenga (1991). Silva, Sanches e Amante (2006) também verificaram um teor de lipídio de farelo de arroz torrado superior [28,08 g (100 g)<sup>-1</sup>] ao encontrado neste trabalho, enquanto Ramezanzadeh et al. (2000) relataram conteúdos de lipídios de farelo de arroz estabilizado em microondas sob diferentes condições de armazenamento, variando entre 17,5 a 18,0 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores próximos ao encontrado neste estudo.

#### **5.4.5 Fibra alimentar**

Os teores de fibra alimentar total dos farelos de arroz cru variaram entre 18,77 e 29,26 g (100 g)<sup>-1</sup>: os torrados por 9 min de 33,72 a 38,36 g (100 g)<sup>-1</sup> e por 15 min de 35,18 a 44,01 g

(100 g)<sup>-1</sup>. Nos tempos 0 e 9 min de torra houveram diferenças ( $p \leq 0,05$ ) entre os farelos das três cultivares estudadas. Com 15 min de torra o farelo da cv. BRS Primavera apresentou menor teor de fibra alimentar total [35,18 g (100 g)<sup>-1</sup>] e diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) dos farelos das cvs. BRS Sertaneja e IRGA 417, que não diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ) entre si.

Analisando cada cultivar isoladamente, os farelos da cv. BRS Sertaneja diferenciaram-se ( $p \leq 0,05$ ) entre os tempos de torra, e os valores de fibra alimentar total variaram entre 26,51 a 44,01 g (100 g)<sup>-1</sup>. O farelo cru da cv. BRS Primavera diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos demais tempos (9 e 15 min), que não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si, sendo o menor conteúdo de fibra alimentar total obtido pelo farelo de arroz cru [29,26 g (100 g)<sup>-1</sup>]. Os farelos da cv. IRGA 417 não se diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si com 9 e 12 min de torra, mas se diferenciaram entre os demais tempos (0 e 15 min), variando o teor de fibra alimentar total entre 18,77 e 43,79 g (100 g)<sup>-1</sup>.

Foi observado maior conteúdo de fibra alimentar total nos farelos torrados em relação aos farelos crus, fato que pode ser explicado pela formação de agregados insolúveis, devido à perda de água durante o processo de torra, dificultando a digestibilidade de proteínas e polissacarídeos. Duodu et al. (2003) ao estudar os fatores que afetam a digestibilidade do sorgo, relatou que durante o processamento de moagem, cozimento e outros tratamentos térmicos de cereais, as proteínas podem interagir com os componentes não protéicos, entre eles as fibras, podendo sofrer alterações e afetar sua digestibilidade.

Abdul-Hamid e Luan (2000) encontram conteúdo médio de fibra alimentar total de 27,04 g (100 g)<sup>-1</sup> em farelo de arroz cru. Lacerda (2008) verificou um teor médio de 16,99 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar total no farelo cru, enquanto Saunders (1990) encontrou um teor de 20,0-25,0 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar total, valores estes próximos ao encontrado neste trabalho, com exceção dos valores de Lacerda (2008). Soares Júnior et al. (2008) encontraram valores inferiores [29,2 g (100g)<sup>-1</sup>] de fibra alimentar total em farelo de arroz torrado em panela a 110 °C por 10 min.

O conteúdo de fibra alimentar insolúvel foi predominante no farelo de arroz em relação ao teor de fibra alimentar solúvel. Para a fibra alimentar insolúvel, no farelo de arroz cru houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre as três cultivares analisadas, tendo os teores de fibra insolúvel variado de 16,49 a 26,46 g (100 g)<sup>-1</sup>.

Analisando, separadamente, cada cultivar, nos tempos de torra de 9 e 15 min, os farelos da cv. BRS Primavera diferenciaram-se ( $p \leq 0,05$ ) dos farelos das demais cultivares, que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ), apresentando menores teores de fibra alimentar insolúvel, 31,76 g (100 g)<sup>-1</sup> e 32,36 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente.

Pela análise dos farelos das cultivares separadamente, os da cv. BRS Sertaneja se diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ) entre os tempos de torra, variando o teor de fibra alimentar insolúvel entre 23,36 e 42,62 g (100 g)<sup>-1</sup>. Para os farelos da cv. BRS Primavera, os teores de fibra insolúvel variaram entre 26,46 e 32,36 g (100 g)<sup>-1</sup>, o farelo cru diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos demais farelos torrados, que não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ). Os farelos da cv. IRGA 417 com 9 e 12 min de torra não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ), mas se diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos demais tempos de torra, tendo os teores de fibra alimentar insolúvel variando entre 16,49 e 40,21 g (100 g)<sup>-1</sup>, e o maior conteúdo de fibra insolúvel observado no farelo com maior tempo de torra.

Saunders (1990) encontrou teores de fibra alimentar insolúvel de 18,0-23,0 g (100 g)<sup>-1</sup> em farelo de arroz cru. Soares Júnior et al. (2008) encontraram valores inferiores [28,2 g (100g)<sup>-1</sup>] de fibra insolúvel para farelo de arroz torrado em relação aos obtidos neste trabalho. Foi verificado maior conteúdo de fibra alimentar insolúvel e, conseqüentemente, maior teor de fibra alimentar total, nos farelos de arroz torrados, sendo que o conteúdo de fibra alimentar insolúvel foi maior no farelo de arroz com maior tempo de torra, possivelmente devido a formação de complexos insolúveis entre os constituintes do farelo de arroz com a perda de água, assim, quanto menor a  $A_w$  do farelo torrado maior o conteúdo de fibra alimentar insolúvel, dificultando a digestibilidade de proteínas e polissacarídeos (DUODU et al., 2003)

Os conteúdos de fibra alimentar solúvel dos farelos cru das cvs. estudadas variaram de 2,28 a 3,15 g (100 g)<sup>-1</sup>, sendo que não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si. O teor de fibra alimentar solúvel do farelo com 9 min de torra da cv. BRS Sertaneja foi menor ( $p \leq 0,05$ ) que o dos farelos das cvs. BRS Primavera e IRGA 417, que não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si. Os farelos com 15 min de torra das cultivares estudadas diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ) entre si, variando o conteúdo de fibra alimentar solúvel entre 1,39 e 3,58 g (100 g)<sup>-1</sup>, sendo maior na cv. IRGA 417 e menor na cv. BRS Sertaneja.

Analisando cada cultivar isoladamente em relação ao teor de fibra alimentar solúvel, o farelo cru da cv. BRS Sertaneja apresentou maior teor, diferenciando-se ( $p \leq 0,05$ ) dos farelos torrados com 9 e 15 min, que não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si, variando entre 1,15 e 3,15 g (100 g)<sup>-1</sup>. O conteúdo de fibra alimentar solúvel da cv. BRS Primavera variou de 1,96 a 2,83 g (100 g)<sup>-1</sup>, o menor teor foi observado ( $p \leq 0,05$ ) no farelo com 9 min de torra, sendo que os demais não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si. O farelo da cv. IRGA 417, com 15 min de torra apresentou maior teor de fibra alimentar solúvel ( $p \leq 0,05$ ), enquanto o farelo com 12 min de torra não diferenciou ( $p > 0,05$ ) dos farelos com 0 (cru) e 9 min de torra, variando o conteúdo de fibra alimentar solúvel entre 1,80 e 3,58 g (100 g)<sup>-1</sup>.

Saunders (1990) relatou teor de fibra alimentar solúvel de 2,0 g (100 g)<sup>-1</sup> para farelo de arroz cru, enquanto Soares Júnior et al. (2008) encontraram valores 1,1 g (100 g)<sup>-1</sup> para farelo de arroz torrado em panela, a 110 °C, por 10 min, ambos abaixo dos obtidos neste trabalho.

Atualmente, o conceito de fibra alimentar tem sido relatado como a parte comestível da planta ou carboidratos análogos que são resistentes a digestão e absorção no intestino delgado, com fermentação parcial ou completa no intestino grosso, incluindo polissacarídeos, lignina, oligossacarídeos, amido resistente, proteína resistente, polifenóis entre outros (DEVRIES, 2004; AACC, 2001; ENGLYST; CUMMINGS, 1988; MCCLEARY, 2007).

Ainda, Englyst et al. (1992) relataram que pode ocorrer a formação de ligações glicosídicas, ligações  $\alpha$  (1-4) ou  $\alpha$  (1-6), em tratamentos que envolvam calor (como produtos das reações de Maillard e caramelização). A presença de ligações cruzadas e/ou a presença de alguns constituintes (como o hidroxipropil, grupos fosfatos, etc.) podem reduzir a digestibilidade do amido, sendo, portanto, responsáveis pela formação do amido resistente à hidrólise enzimática. Este pode ser fisiologicamente definido como a soma do amido e produtos da degradação do amido não digeridos/absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis, podendo, entretanto, ser fermentado no intestino grosso (CHAMP, 1992; EERLINGER; DELCOUR, 1995).

O efeito do processamento de produtos amiláceos pode variar consideravelmente, afetando a digestão do amido e seu valor nutricional. O processamento térmico influencia a digestibilidade da proteína em diferentes caminhos, dentre eles, as cadeias laterais do aminoácido podem ser alteradas, impedindo a ação de certas enzimas digestivas, formando ligações cruzadas dentro ou entre as moléculas, diminuindo assim a digestibilidade protéica (SAGUM; ARCOT, 2000).

As variações observadas neste trabalho e na literatura em relação ao conteúdo de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total podem ser justificadas pela formação de substâncias complexas não digeríveis afetadas pelo grau de processamento do arroz, fatores associados à variedade genética, condições ambientais e a própria estrutura do grão que influencia de forma significativa a composição nutricional do farelo de arroz (CARVALHO; BASSINELO, 2006; LUH; BARBER; BARBER, 1991; SAUNDERS, 1990).

#### **5.4.6 Carboidratos**

O conteúdo de carboidratos variou entre 25,71 e 32,89 g (100 g)<sup>-1</sup> nos farelos cru, de 16,50 a 26,49 g (100 g)<sup>-1</sup> nos torrados por 9 min e entre 11,54 e 23,32 g (100 g)<sup>-1</sup> nos torrados por 15 min. No tempo 0 (cru) houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) do farelo da cv. IRGA 417 em

relação aos farelos das cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja, que não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si. O farelo da cv. IRGA 417 apresentou maior teor de carboidratos [ $32,89 \text{ g (100 g)}^{-1}$ ]. Os farelos torrados por 9 e 15 min da cv. BRS Primavera diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ) das cvs. BRS Sertaneja e IRGA 417, que não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ). O conteúdo de carboidratos dos farelos de arroz variou entre  $16,50$  e  $26,49 \text{ g (100 g)}^{-1}$  para o de 9 min de torra e de  $11,54$  a  $23,32 \text{ g (100 g)}^{-1}$  para o de 15 min de torra.

As variações nos conteúdos de carboidratos dos farelos de arroz crus entre os obtidos pelas cultivares estudadas e os encontrados na literatura, podem estar relacionada com o grau de polimento, pois quanto maior o grau de polimento do grão maior a contaminação do farelo de arroz por fragmentos do endosperma dos grãos (HOFFPAUER, 2005).

Os farelos da cv. BRS Sertaneja se diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos tempos de torra. O farelo da cv. BRS Primavera com 9 min de torra se diferenciou ( $p \leq 0,05$ ) do farelo com 15 min de torra e, o farelo cru não se diferenciou ( $p > 0,05$ ) dos farelos com 9 e 15 min de torra. Os farelos da cv. IRGA 417 torrados por 12 e 15 min não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si, mas apresentaram diferença ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos farelos cru e torrado por 9 min, que diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ) entre si.

Observou-se que o conteúdo de carboidratos para o farelo cru foi, geralmente, maior em relação aos farelos torrados por 9 e 15 min, fato que, provavelmente, pode ser explicado pela Caramelização e Reação de Maillard, durante o processo de torra, pois os carboidratos são utilizados durante as reações, produzindo pigmentos insolúveis, de cor escura, além de provocar um decréscimo no valor nutricional do alimento, devido a perda de aminoácidos essenciais como a lisina (ENGLYST et al., 1992; ORDÓÑEZ et al., 2005). Esse fato pode ser explicando também, pela formação de agregados insolúveis dificultando a digestibilidade de proteínas e polissacarídeos (DUODU et al., 2003).

Silva, Sanches e Amante (2006) encontraram para farelo de arroz cru valor de carboidratos de  $5,64 \text{ g (100 g)}^{-1}$ , inferior ao verificado neste trabalho. Feddern, Furlong e Soares (2007) relataram para farelo de arroz cru conteúdo de carboidrato de  $46,3 \text{ g (100 g)}^{-1}$ , superior ao encontrado neste trabalho. Amissah et al. (2003) apresentaram teores de carboidratos em farelo de dezesseis cultivares de arroz cru entre  $26,61$  e  $46,34 \text{ g (100 g)}^{-1}$ . Soares Júnior et al. (2008) encontraram em farelo de arroz torrado em panela por 10 min, conteúdo de carboidrato de  $26,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ . Abdul-Hamid et al. (2007) relataram conteúdos de carboidratos para farelos de arroz estabilizados em microondas [ $22,4$  a  $44,8 \text{ g (100 g)}^{-1}$ ], semelhantes ao encontrado neste estudo.

### 5.4.7 Açúcares redutores

O conteúdo de açúcar redutor dos farelos de arroz crus e torrados das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 estão expressos na Tabela 18.

**Tabela 18** – Açúcares redutores, fósforo total, fósforo fítico e ácido fítico dos farelos de arroz cru e torrados das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 em relação ao tempo de torra.<sup>1</sup>

Componente	Tempo (min)	BRS Sertaneja <sup>3</sup>	BRS Primavera	IRGA 417
Açúcares Redutores <sup>2</sup>	0	2,38±0,23 <sup>Aa</sup>	2,60±0,06 <sup>Aa</sup>	1,23±0,02 <sup>Ab</sup>
	9	0,36±0,01 <sup>Ba</sup>	0,27±0,01 <sup>Bc</sup>	0,29±0,01 <sup>Cb</sup>
	12	-	-	0,30±0,00 <sup>C</sup>
	15	0,45±0,01 <sup>Ba</sup>	0,31±0,01 <sup>Bc</sup>	0,34±0,01 <sup>Bb</sup>
Fósforo Total	0	1,75±0,04 <sup>Ac</sup>	2,13±0,07 <sup>Ab</sup>	2,73±0,02 <sup>Aa</sup>
	9	1,55±0,00 <sup>Bb</sup>	1,61±0,07 <sup>Bb</sup>	2,01±0,01 <sup>Ca</sup>
	12	-	-	2,14±0,01 <sup>B</sup>
	15	1,54±0,02 <sup>Bb</sup>	1,52±0,06 <sup>Bb</sup>	2,01±0,03 <sup>Ca</sup>
Fósforo Fítico	0	1,43±0,02 <sup>Ac</sup>	1,92±0,04 <sup>Ab</sup>	2,38±0,01 <sup>Aa</sup>
	9	1,39±0,05 <sup>ABa</sup>	1,27±0,03 <sup>Bb</sup>	1,42±0,06 <sup>Da</sup>
	12	-	-	1,65±0,02 <sup>C</sup>
	15	1,35±0,02 <sup>Bb</sup>	1,29±0,05 <sup>Bb</sup>	1,78±0,01 <sup>Ba</sup>
Ácido Fítico	0	5,05±0,08 <sup>Ac</sup>	6,51±0,45 <sup>Ab</sup>	8,48±0,01 <sup>Aa</sup>
	9	4,92±0,16 <sup>Aa</sup>	4,52±0,09 <sup>Bb</sup>	5,05±0,15 <sup>Da</sup>
	12	-	-	5,88±0,05 <sup>C</sup>
	15	4,79±0,06 <sup>Ab</sup>	4,61±0,18 <sup>Bb</sup>	6,31±0,03 <sup>Ba</sup>

<sup>1</sup> Valores médios seguidos pelos desvios-padrão obtidos de 3 repetições com exceção das fibras (2 repetições), com todos os atributos calculados em base seca;

<sup>2</sup> Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença entre as cultivares dentro de cada tempo de torra Tukey,  $p \leq 0,05$ .;

<sup>3</sup> Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tempos de torra de cada cultivar (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

Os teores médios de açúcares redutores dos farelos de arroz crus das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 foram 2,38 g (100 g)<sup>-1</sup>, 2,60 g (100 g)<sup>-1</sup> e 1,23 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente. O farelo da cv. IRGA 417 diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) dos farelos das demais cultivares, que não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ). Nos tempos de 9 e 15 min de torra, os farelos das cultivares estudadas diferenciaram entre si ( $p \leq 0,05$ ), sendo o maior teores de açúcares redutores encontrado no farelo da cv. BRS Sertaneja. O processo de torra por 15 min resultou em maior teor de açúcar redutor comparado com a torra por 9 min nas três cultivares analisadas. Fato que pode ser explicado devido a última sequência de reações, durante a reação de Maillard, conhecida como degradação de Strecker, onde os compostos  $\alpha$ -carbonila reagem com  $\alpha$ -aminoácidos, produzindo sua degradação e obtendo-se aldeídos com um átomo de carbono a menos, dióxido de carbono e novos compostos carbonila. Devido à

fomação de compostos  $\alpha$ -dicarbonila, em muitos casos, observa-se o aumento do poder redutor, acompanhado do aparecimento de aminoaçúcares (ORDÓÑEZ, 2005).

Para cada cultivar, verificou-se que o teor de açúcares redutores do farelo cru foi maior ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos farelos torrados. Os farelos torrados por 9 e 15 min das cvs. BRS Sertaneja e BRS Primavera não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ), com exceção dos farelos da cv. IRGA 417.

O farelo de arroz cru da cv. BRS Sertaneja apresentou maior conteúdo de açúcares redutores [ $2,38 \text{ g (100 g)}^{-1}$ ], fato que pode ter influenciado o maior escurecimento (menor valor da luminosidade) desta cultivar durante o processo de torra, conforme apresentado na Tabela 11.

Verificou-se que o processo de torra diminuiu o teor de açúcares redutores do farelo de arroz, já que a glicose é consumida durante a reação de Maillard decorrente do processo de torra. Sharma, Chauhan, Agrawal (2004) encontraram comportamento semelhante ao deste trabalho, visto que estudaram o farelo de arroz cru, estabilizado por secagem em estufa e extrusado, os quais relataram teores de açúcares redutores de  $0,90 \text{ kg/100 kg}$ ,  $0,89 \text{ kg/100 kg}$  e  $0,87 \text{ kg/100 kg}$  respectivamente. Estes autores observaram o escurecimento do farelo estabilizado em relação ao farelo cru, devido às reações de escurecimento ocorridas com o aquecimento do farelo.

#### **5.4.8 Fósforo total, fósforo fítico e ácido fítico**

Os teores de fósforo total dos farelos de arroz crus variaram entre  $1,75$  a  $2,73 \text{ g (100 g)}^{-1}$  e os farelos das três cultivares estudadas apresentaram diferenças entre si ( $p \leq 0,05$ ), sendo o maior conteúdo observado na cv. IRGA 417 [ $2,73 \text{ g (100 g)}^{-1}$ ]. Nos tempos 9 e 15 min, os farelos da cultivar IRGA 417 apresentaram maiores teores de fósforo total [ambos com  $2,01 \text{ g (100 g)}^{-1}$ ], diferenciando-se ( $p \leq 0,05$ ) das cvs. BRS Sertaneja e BRS Primavera, que não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ) (Tabela 18).

Analisando os farelos de cada cultivar em relação aos tempos de torra, os farelos crus das cvs. BRS Sertaneja e BRS Primavera apresentaram teores maiores de fósforo total, sendo que os torrados por 9 e 15 min não se diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si. Os farelos da cv. IRGA 417 não se diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre os tempos 9 e 15 min, mas diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos tempos 0 e 12 min. Portanto, os farelos torrados apresentaram menores teores de fósforo total em relação aos farelos cru.

A cv. IRGA 417 apresentou maior teores de fósforo total nos farelos cru e torrados por 9 e 15 min [ $2,73 \text{ g (100 g)}^{-1}$ ,  $2,01 \text{ g (100 g)}^{-1}$  e  $2,01 \text{ g (100 g)}^{-1}$ , respectivamente], seguida

pelo farelo da cv. BRS Primavera [2,13 g (100 g)<sup>-1</sup>, 1,61 g (100 g)<sup>-1</sup>, 1,52 g (100 g)<sup>-1</sup>] e BRS Sertaneja [1,75 g (100 g)<sup>-1</sup>, 1,55 g (100 g)<sup>-1</sup> e 1,54 g (100 g)<sup>-1</sup>].

O fósforo total presente nos vegetais é constituído por fósforo orgânico e fósforo inorgânico, este é representado pela molécula de ácido fítico, por isso a importância de se determinar o valor de fósforo total, pois o teor de fósforo fítico (fósforo inorgânico) deve ser menor que o conteúdo de fósforo total. Sabe-se que o ácido fítico ou *mio*-inositol hexafosfato (C<sub>6</sub>H<sub>18</sub>O<sub>24</sub>P<sub>6</sub>) é um componente natural de toda semente, constituindo de 1 a 3% do peso nas leguminosas e cereais, o que responde por 60 a 90% do fósforo total (O'DELL, DeBOLLAND, KOIRTYOHANN, 1972). Portanto, o menor conteúdo do fósforo total nos farelos torrados em relação aos farelos crus, pode ser justificado pelo fato, de que houve redução do fósforo fítico com a torração, com conseqüentemente redução do fósforo total.

Os teores de fósforo fítico e de ácido fítico presentes nos farelos de arroz crus diferenciaram-se para as três cultivares estudadas, variando entre 2,38 e 1,43 g (100 g)<sup>-1</sup> e de 5,05 a 8,48 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente. O farelo da cv. BRS Primavera com 9 min de torra apresentou menores teores de fósforo fítico e ácido fítico [1,27 g (100 g)<sup>-1</sup> e 4,52 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente], diferenciando-se ( $p \leq 0,05$ ) dos farelos das cvs. BRS Sertaneja e IRGA 417, que não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si. Com 15 min de torra, a cv. IRGA 417 diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) das cvs. BRS Sertaneja e BRS Primavera, que não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si. O farelo da cv. IRGA 417 apresentou maiores teores de ácido fítico [8,48 g (100 g)<sup>-1</sup>, 5,05 g (100 g)<sup>-1</sup> e 6,31 g (100 g)<sup>-1</sup> para os tempos de torra de 0, 9 e 15 min, respectivamente], seguido pelos farelos das cultivares BRS Primavera [6,51 g (100 g)<sup>-1</sup>, 4,52 g (100 g)<sup>-1</sup> e 4,61 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente] e BRS Sertaneja [5,05 g (100g)<sup>-1</sup>, 4,92 g (100g)<sup>-1</sup> e 4,79 g (100g)<sup>-1</sup>, respectivamente].

Para o farelo de arroz, Sharma, Chauhan, Agrawal (2004) relataram valores de ácido fítico de 2,93 g (100 g)<sup>-1</sup>, 2,45 g (100 g)<sup>-1</sup> e 2,46 g (100 g)<sup>-1</sup> para farelo de arroz cru, estabilizado em estufa e extrusado, respectivamente, teores esses abaixo dos observados neste trabalho. Lehrfeld (1994) verificou para o farelo de arroz cru um valor de 6,55 g (100 g)<sup>-1</sup>, valor próximo ao encontrado neste trabalho para o farelo da cv. BRS Primavera.

Analisando os farelos das cultivares separadamente em relação aos tempos de torra, o farelo da cv. BRS Sertaneja com 15 min de torra diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) do farelo cru, enquanto o de 9 min de torra não diferenciou-se dos demais ( $p > 0,05$ ) para o conteúdo de fósforo fítico, enquanto, em relação ao teor de ácido fítico, não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os tempos de torra. Para a cv. BRS Primavera, o farelo cru diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) dos torrados por 9 e 15 min em relação ao fósforo fítico e ácido fítico, que não diferenciaram ( $p \geq$

0,05) entre si. Para os farelos da cv. IRGA 417 houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tempos de torra para os conteúdos de fósforo fítico e ácido fítico.

Observou-se maior conteúdo de fósforo fítico e, conseqüentemente, de ácido fítico nos farelos de arroz cru em relação aos farelos torrados, este fato pode ser explicado devido a degradação do ácido fítico, formando complexos com proteínas e carboidratos, dificultando assim a digestibilidade protéica e de aminoácidos. Estudos *in vitro* de farinhas de diferentes cereais mostram que os complexos proteínas e fitatos são formados por interações eletrostáticas que ocorrem durante o tratamento térmico, muitos desses complexos são insolúveis e não são biologicamente disponíveis na dieta humana. Além disso, essas proteínas se tornam menos propensas à digestão proteolítica (CARVALHO, 1995; CHERYAN, 1980).

As variações encontradas entre teores de ácido fítico deste trabalho e os da literatura podem ser explicadas pelas diferentes cultivares, além das condições de beneficiamento, fatores ambientais e condições de cultivo. A maioria dos fatores antinutricionais presentes no farelo de arroz (inibidor de tripsina, lectina e ácido fítico) são degradados pelo calor e formam complexos insolúveis (HAN et al., 1994), o que explica o menor teor de ácido fítico nos farelos torrados em relação ao farelo cru.

O ácido fítico (myo-inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexafosfato, IP6) está presente em todo o reino vegetal e forma, juntamente com os fosfatos, sais insolúveis com ferro, cálcio, zinco e magnésio, levando-os a compostos biologicamente inativos, sendo por isso denominado antinutriente. O grau de ação inibitória do inositol fosfato na absorção mineral depende do grau de fosforilação (BRUNE et al., 1992; HAN et al., 1994; LÖNNERDAL et al., 1989). O grau em que a absorção mineral é prejudicada vai depender tanto da relativa concentração de ácido fítico e do mineral como da força da ligação (RICKARD; THOMPSON, 1997). Porém, o ácido fítico em baixas concentrações apresenta efeitos positivos sobre a saúde como ação protetora frente ao câncer e prevenção de enfermidades cardiovasculares (MARTINEZ-DOMINGUEZ; GOMES; LÉON, 2002; SHAHIDI, 1997).

No geral, os farelos de arroz crus das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, apresentaram-se ricos em proteínas, lipídios, fibra alimentar insolúvel, fibra alimentar total e carboidratos, além de alto conteúdo de fósforo total, fósforo fítico e ácido fítico. Nos farelos torrados das três cultivares, houve menores conteúdos de proteínas, lipídios, carboidratos, fósforo total, fósforo fítico e ácido fítico, em relação aos farelos de arroz crus. Estudos têm mostrado que o ácido fítico é a única estrutura capaz de quelar minerais como cálcio, zinco e ferro (ZHOU; ERDMAN, 1995), além de combinar-se com proteínas e amido,

resultando na redução da biodisponibilidade destes nutrientes para o organismo (OATWAY; VASANTHAN; HELM, 2001).

Observou-se maiores teores de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total nos farelos torrados das três cultivares estudadas, possivelmente devido a formação de agregados insolúveis com a perda de água decorrente do processo de torra (DUODU et al., 2003). Os conteúdos de açúcares redutores diminuíram nos farelos de arroz torrados das três cultivares, em relação aos farelos crus, já que a glicose é consumida na Reação de Maillard e na caramelização durante o processo de torra.

## 5.5 PROPRIEDADES FÍSICAS DAS BARRAS DE CEREAIS

As médias de força de ruptura, densidade, atividade de água, luminosidade e tonalidade cromática das barras de cereais, formuladas com diferentes proporções de farelo de arroz, flocos de arroz e flocos de milho, estão apresentadas na Tabela 19.

**Tabela 19** – Médias das propriedades físicas (força de ruptura, densidade e atividade de água) das barras de cereais formuladas com diferentes proporções de farelo de arroz torrado, flocos de arroz e flocos de milho, por meio do planejamento de misturas.

Formulação (Experimento)	Proporção dos componentes			Força de ruptura (N)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Aw	L *	H*
	Farelo de arroz	Flocos de arroz	Flocos de milho					
1	0,66	0,17	0,17	0,87	0,76	0,54	31,20	54,24
2	0,34	0,34	0,32	1,59	0,75	0,55	37,07	66,24
3	0,49	0,34	0,17	0,92	0,51	0,54	33,38	60,64
4	0,49	0,17	0,34	1,50	0,79	0,55	35,11	62,04
5	0,34	0,32	0,34	1,66	0,44	0,55	34,70	63,46
6	0,464	0,268	0,268	0,83	0,51	0,55	32,83	62,23
7	0,464	0,268	0,268	0,73	0,52	0,54	31,68	62,86
8	0,464	0,268	0,268	0,72	0,51	0,55	32,06	57,19

As propriedades físicas das barras de cereais, formuladas com diferentes percentuais de flocos de arroz, flocos de milho e farelo de torrado foram avaliadas por meio de análise de variância (Tabela 20). Observou-se que os modelos matemáticos apresentaram-se significativos ( $p \leq 0,05$ ), com coeficientes de variação menores que 7% e coeficientes de determinação ( $R^2$  ajustado) explicando de 59 a 99 % da variação. A falta de ajuste foi

significativa somente para o modelo da densidade (Tabela 20), sendo considerada aparente, pois o quadrado médio do erro experimental foi baixo (WASZCZYNSKYJ et al., 1981).

**Tabela 20** - Coeficientes numéricos, modelos matemáticos ajustados e parâmetros de análise de variância dos coeficientes da regressão das propriedades físicas das barras de cereais formuladas.

Parâmetros da análise de variância	Propriedades físicas das barras de cereais <sup>1</sup>				
	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>
β <sub>1</sub>	0,8601	0,7610	0,5390	30,1319	54,8222
β <sub>2</sub>	4,7395	3,5944	0,5330	36,0340	64,0882
β <sub>3</sub>	2,0679	-1,480	0,5640	38,6759	66,0912
β <sub>4</sub>	-8,1404	-7,0592	--	--	---
β <sub>5</sub>	--	4,9112	--	--	---
β <sub>6</sub>	-7,1841	-1,8547			
Significância do modelo (P)	0,0144*	0,0030**	0,0327*	0,0460*	0,0369*
Falta de ajuste do modelo	0,1042 <sup>ns</sup>	0,0000**	0,6312 <sup>ns</sup>	0,4120 <sup>ns</sup>	0,8553 <sup>ns</sup>
CV (%)	6,6400	0,8086	0,5712	4,2978	3,1950
Estimativa do erro padrão	0,0008	0,0000	0,0000	0,3117	0,5448
R <sup>2</sup> ajustado	0,9242	0,9960	0,6436	0,5904	0,6258

<sup>1</sup>  $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_1 X_2 + \beta_5 X_1 X_3 + \beta_6 X_2 X_3$ , onde Y<sub>1</sub> = força de ruptura, Y<sub>2</sub> = densidade, Y<sub>3</sub> = Aw, Y<sub>4</sub> = luminosidade (L\*), Y<sub>5</sub> = tonalidade cromática (H), X<sub>1</sub> = farelo de arroz, X<sub>2</sub> = flocos de arroz, X<sub>3</sub> = flocos de milho;

\* - Significância a 5% de probabilidade de erro;

\*\* - Significância a 1% de probabilidade de erro;

<sup>ns</sup> - Não significativo.

Três barras de cereais comerciais (tradicional, light e rica em fibras) foram avaliadas quanto às características físicas (Tabela 21).

**Tabela 21** – Médias das características físicas (força de ruptura, densidade, atividade de água, luminosidade e tonalidade cromática) das barras de cereais comerciais.

Amostras de barras comerciais	Força de ruptura (N) <sup>1</sup>	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Atividade de água	Luminosidade (L*)	Tonalidade cromática (H)
Comercial 1 (Tradicional)	0,475±0,09 <sup>B</sup>	0,748±0,03 <sup>A</sup>	0,594±0,01 <sup>A</sup>	41,033±0,25 <sup>B</sup>	80,724±1,072 <sup>A</sup>
Comercial 2 (Rica em fibras)	1,122±0,18 <sup>A</sup>	0,755±0,76 <sup>A</sup>	0,612±0,06 <sup>A</sup>	42,150±0,269 <sup>A</sup>	76,710±0,466 <sup>B</sup>
Comercial 4 (Ligth)	0,642±0,16 <sup>B</sup>	0,780±0,02 <sup>A</sup>	0,605±0,00 <sup>A</sup>	40,673±0,155 <sup>B</sup>	76,920±0,485 <sup>B</sup>

<sup>1</sup> Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as cultivares (Tukey, p < 0,05)

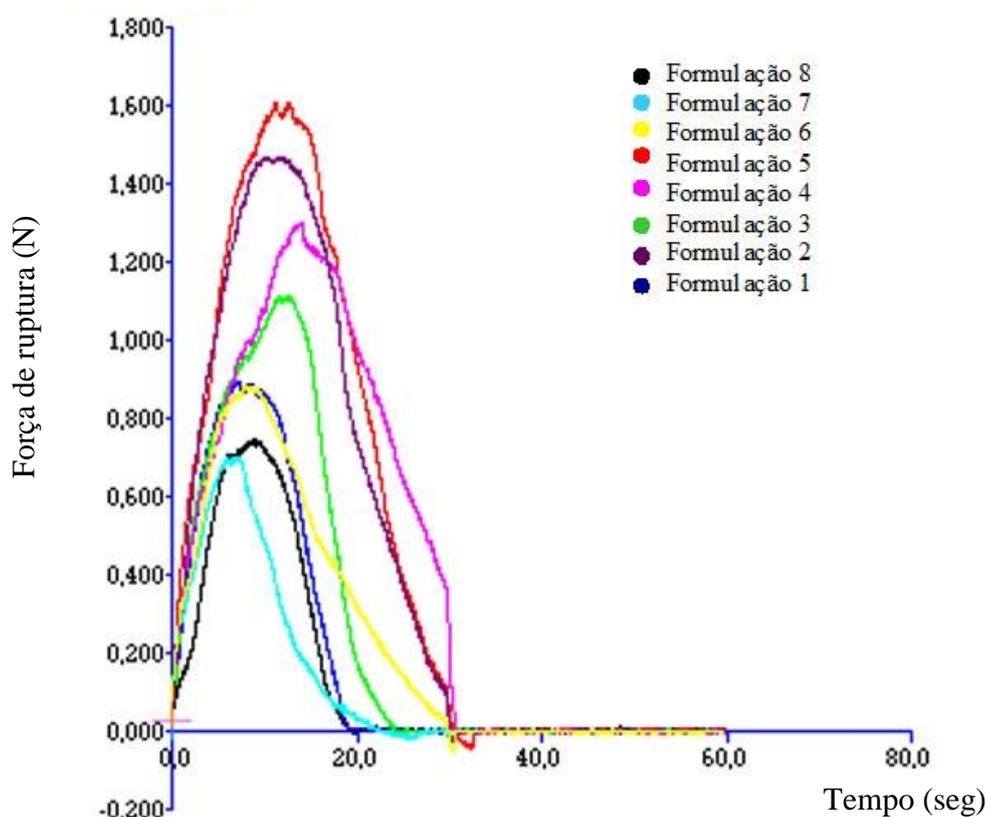
A barra comercial rica em fibras apresentou maior força de ruptura, diferenciando-se ( $p \leq 0,05$ ) das barras tradicional e *light*, que não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ). As barras de cereais comerciais não diferenciaram-se ( $p > 0,05$ ) em relação a densidade e a atividade de água, variando de 0,748 a 0,780 g/cm<sup>3</sup> e de 0,594 a 0,612 respectivamente. A barra de cereal rica em fibra diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) das barras tradicional e *light* em relação a luminosidade, apresentando maior valor (42,15). Para tonalidade cromática, a barra de cereal tradicional diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) da barra rica em fibras e a *light*, que não diferenciaram entre si ( $p > 0,05$ ) (Tabela 21).

### 5.5.1 Força de ruptura

A força de ruptura pode ser definida como a força necessária para produzir certa deformação no produto e quebrá-lo (CIVILLE; SZCZESNIAK, 1973). As amostras de barras de cereais apresentaram variação na força de ruptura. As formulações com quantidades intermediárias de farelo de arroz, flocos de arroz e flocos de milho (formulações 6, 7 e 8 com valores de 0,834, 0,726 e 0,721 N respectivamente), e a formulação com maior quantidade de farelo de arroz e menores quantidade de flocos de arroz e milho (formulação 1 com valor de 0,869 N) apresentaram menores forças de ruptura em relação às barras com maiores quantidades de flocos de arroz e milho e menores quantidades de farelo de arroz (formulações 2, 3, 4 e 5, com valores de 1,593, 0,915, 1,496, 1,663 respectivamente) (Tabela 19).

O gráfico da força de ruptura em relação ao tempo, para as barras de cereais com diferentes formulações, seis dias após fabricação, está apresentado na Figura 24.

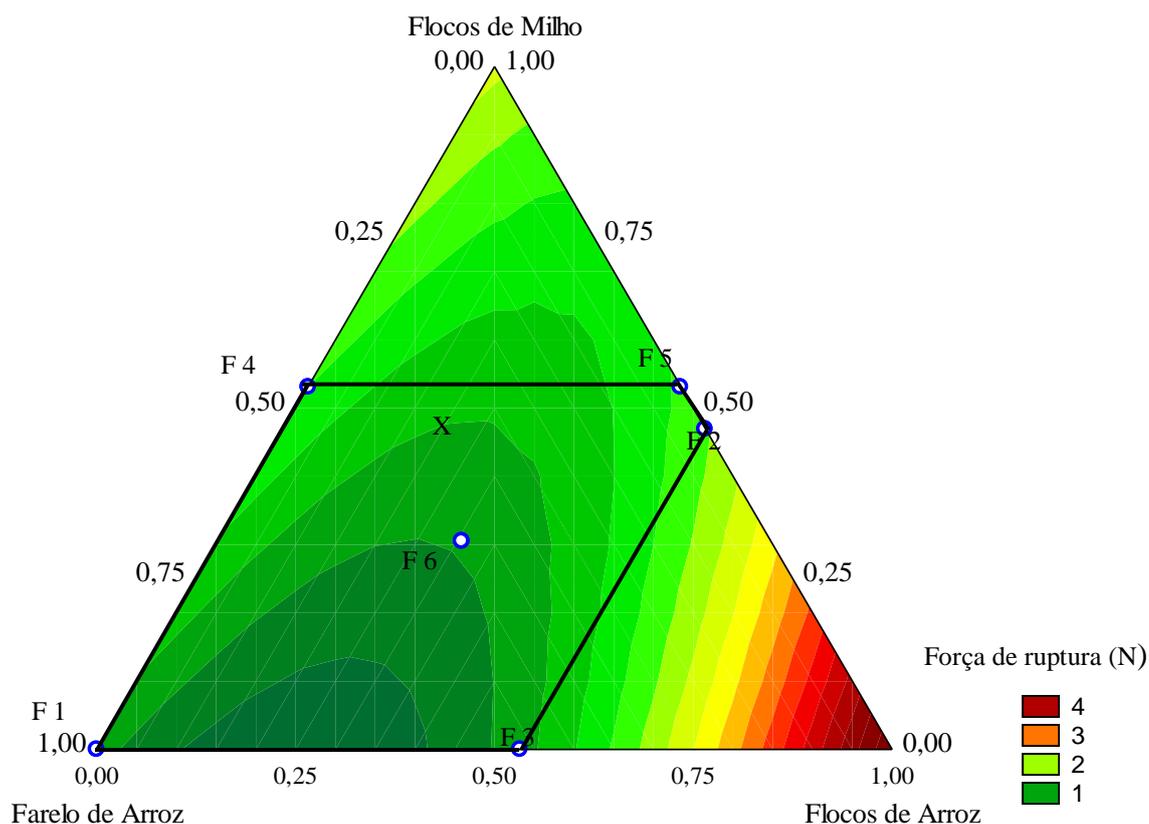
A força de ruptura das barras experimentais variou de 0,72 a 1,66 N e o tempo necessário para rompimento das barras variou entre 4 e 18 seg. A formulação 4 demorou mais tempo para quebrar-se (18 seg), enquanto a formulação 7 menor tempo (4 seg). A formulação 5 apresentou maior força de ruptura. A formulação 5 das barras de cereais experimentais apresentou maior força de ruptura (1,66 N), e as formulação 7 e 8 apresentaram menores forças de ruptura (0,73 e 0,72 N) (Figura 24).



**Figura 24** – Força de ruptura das barras de cereais em relação ao tempo.

Formulação 1: 20% FA, 5% FLA, 5% FLM; Formulação 2: 10,15% FA, 10,15% FLA, 9,7% FLM; Formulação 3: 14,85% FA, 10,15% FLA, 5% FLM; Formulação 4: 14,85% FA, 5% FLA, 10,15% FLM; Formulação 5: 10,15% FA, 9,7% FLA, 10,15% FLM; Formulação 6: 14% FA, 8% FLA, 8% FLM; Formulação 7: 14% FA, 8% FLA, 8% FLM; Formulação 8: 14% FA, 8% FLA, 8% FLM, onde FA = Farelo de Arroz, FLA = Flocos de Arroz e FLM = Flocos de milho.

A análise de variância para a força de ruptura (Tabela 20), mostrou que o modelo matemático foi significativo ( $p = 0,0144$ ) e a falta de ajuste não foi significativa ( $FA = 0,1042$ ) (Anexo E), apresentando coeficiente de variação (C.V.) de 6,64 %, com 92,42% das respostas explicáveis no modelo ajustado ( $R^2_{aj}$ ), sendo que a interação farelo de arroz ( $X_1$ ) x flocos de milho ( $X_3$ ) foi removida do modelo, pois o ajuste deste foi melhor. Na Figura 25, está apresentado o gráfico com as curvas de nível obtido pelo modelo experimental ajustado com relação à força de ruptura.



**Figura 25** – Curvas de nível obtidas pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes) para a força de ruptura. Área demarcada entre os pontos experimentais demonstra passível de ser região analisada.

Os vértices de cada extremidade no gráfico representam o valor máximo do pseudocomponente de cada componente da mistura. Observou-se uma tendência à maior força de ruptura das barras quanto maior ou menor a quantidade de flocos de arroz e de farelo de arroz a partir de 25% e 75% de cada componente, respectivamente, e uma força de ruptura intermediária quanto maior o percentual de flocos de milho, devido às interações significativas entre os componentes da mistura.

Observou-se que os valores de força de ruptura das barras estudadas neste trabalho, foram semelhantes aos padrões comerciais também avaliados, principalmente das barras comerciais rica em fibras e *light*. As forças de ruptura médias foram de 0,465, 0,642 e 1,122 N para as barras tradicionais, *light* e rica em fibras respectivamente (Tabela 21).

Dutcosky (2004) ao estudar barras de cereais com alto teor de fibras prebióticas, relatou a força de ruptura para as formulações recém fabricadas entre 2,57 a 11,14 N e para as formulações com 150 dias de prateleira entre 4,28 a 13,11 N, valores superiores aos encontrados neste trabalho. Silva et al. (2009) ao elaborarem barras de cereais adicionadas de

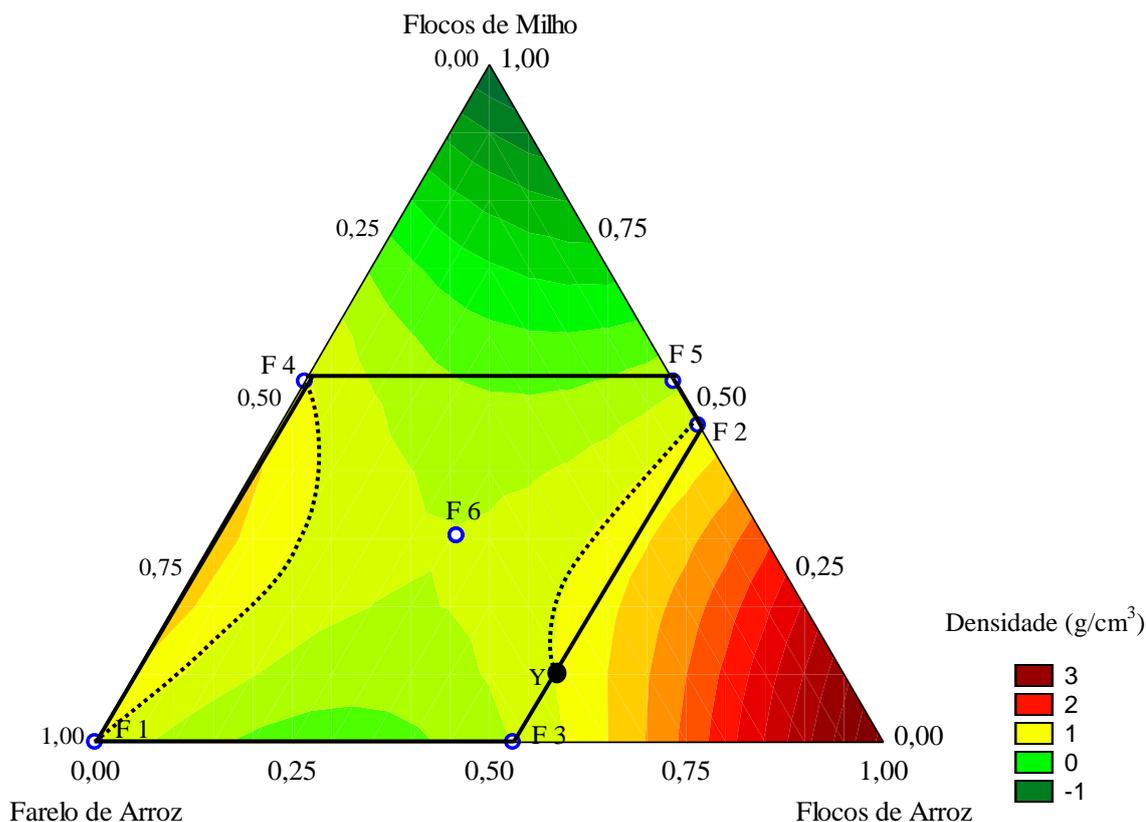
resíduos de maracujá em substituição a aveia em flocos, relataram valores de força de ruptura de 3477,6 gF, 3769,4 gF, 4763,2 gF, 6816,8 gF e 5923,8 gF para 0, 10, 20, 30 e 40% de substituição de flocos de aveia para resíduo de maracujá, valores superiores ao encontrado neste trabalho, feitas as devidas correções. Freitas (2005) ao estudar a estabilidade de barras de cereais de alto teor protéico e vitamínico durante 0, 45, 90, 135 e 180 dias de armazenamento, em diferentes tipos de embalagens, relatou valores de força de ruptura variando entre 722,1 N a 1357,7 N, valores superiores ao encontrados neste trabalho.

As forças de ruptura das barras de cereais experimentais foram comparadas com barras comerciais (Tabela 21). As barras desenvolvidas neste trabalho são ricas em fibras, e na região experimental delineada no gráfico, as barras de cereais formuladas que mais se aproximaram da força de ruptura das barras de cereais rica em fibra (força de ruptura 1,122 N), foram as formulações compreendida entre a curva que liga os pontos experimentais das formulações F 1, F 3, F 6 e o ponto x (destacado no gráfico da Figura 25, cuja concentração em pseudocomponentes foi 0,51 de flocos de milho, 0,22 de flocos de arroz e 0,27 de flocos de milho, estava dentro da área experimental e não foi testado).

Dutcosky (2004) relatou o aumento da força de ruptura com as barras de cereais recém fabricadas com maiores percentuais de inulina (fibra alimentar solúvel) e em barras após 150 dias de prateleira, a goma acácia foi o ingrediente de maior influência. Assim como, Matsuura (2005) ao estudar a influência de albedo de maracujá em barras de cereais verificou que quanto maior a quantidade de albedo de maracujá (rico em fibras) nas barras de cereais havia um aumento na dureza e resistência ao corte. Silva et al. (2009) relatou que a medida que aumentou a quantidade de resíduos de maracujá (rico em fibras) nas barras de cereais, houve uma tendência ao aumento da força de ruptura e corte.

### **5.5.2 Densidade**

Para a densidade, a análise de variância (Tabela 20) obteve modelo matemático significativo ( $p = 0,0028$ ) (Anexo F), com C.V. baixo (0,8086%) e 99,60% das respostas explicáveis pelo modelo ajustado. A falta de ajuste mesmo sendo significativa ( $FA=0,0000$ ) foi considerada aparente, pois o quadrado médio do erro experimental (0,0289) foi baixo (WASZCZYNSKYJ et al., 1981). O gráfico de curvas de nível obtido pelo modelo experimental ajustado aos resultados com relação a densidade, esta apresentado na Figura 26.



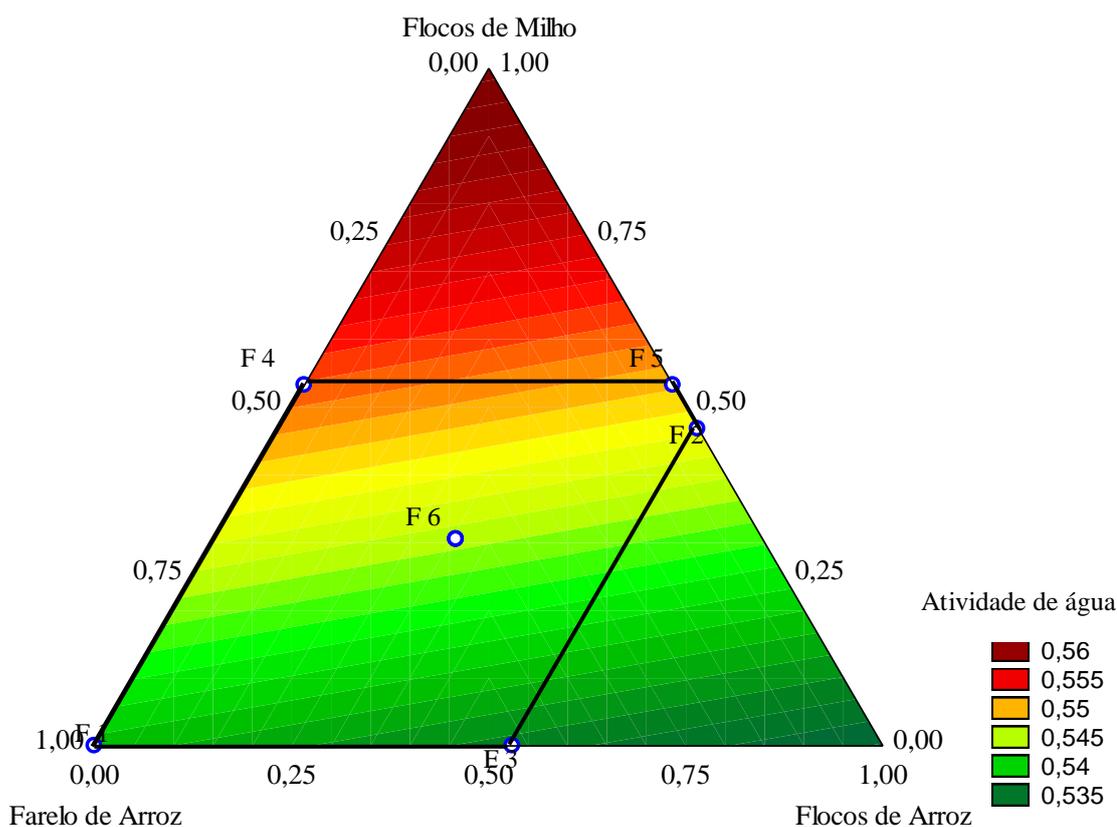
**Figura 26** – Curvas de nível obtido pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes) para densidade. Área demarcada entre os pontos experimentais demonstra a região passível de ser analisada.

A densidade das barras de cereais comerciais variaram entre 0,748 a 0,780 g/cm<sup>3</sup>. Compararam-se as barras experimentais com as comerciais, e observou-se que na área experimental destacada no gráfico, as formulações que mais se aproximaram da densidade das barras comerciais foram F 1 , F 4 e F 2. Portanto, as regiões das curvas pontilhadas, compreendidas entre os pontos F 1 e F 4, e F 2 e Y (concentrações em pseudocomponentes de 0,36 para farelo de arroz, 0,48 para flocos de arroz e 0,123 para flocos de milho), foram consideradas como ideais para as barras de cereais experimentais em relação a densidade, quando comparadas com as barras comerciais.

Matsuura (2005) relatou que barras de cereais elaboradas com maior quantidade de albedo de maracujá tiveram as maiores densidades (0,81 g/cm<sup>3</sup>), da mesma forma, as barras elaboradas com maior proporção de flocos de aveia tiveram maior densidade (0,71 g/cm<sup>3</sup>) em relação às barras com maior proporção de flocos de arroz (0,62 g/cm<sup>3</sup>), valores próximos aos obtidos neste trabalho.

### 5.5.3 Atividade de água

Em relação à atividade de água das barras de cereais experimentais, foi possível verificar, pela análise de variância (Tabela 20, Anexo G), que o modelo matemático linear foi significativo ( $p = 0,0327$ ), com C.V. baixo (0,5712%), falta de ajuste não significativa (0,6312), e com 64,36% das respostas explicáveis pelo modelo ajustado. O gráfico de curvas de nível obtido pelo modelo experimental ajustado de atividade de água, esta apresentado na Figura 27.



**Figura 27** – Curvas de nível obtido pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes) para atividade de água. Área demarcada entre pontos experimentais demonstra a região passível de ser analisada.

As atividades de água ( $A_w$ ) das barras de cereais experimentais variaram entre, 0,54 e 0,55. Observou-se uma tendência de maior teor de  $A_w$  com maiores concentrações de flocos de milho e menos teores de  $A_w$  com maiores concentrações de flocos de arroz e farelo de arroz. As barras de cereais comerciais obtiveram-se teores de  $A_w$ , entre 0,59 e 0,61. Assim, as barras experimentais apresentaram menores teores de  $A_w$  em relação as barras comerciais, que pode ser explicado devido, provavelmente, ao fato dos ingredientes utilizados nas barras experimentais apresentaram-se mais secos em relação aos das barras comerciais. Esse baixo

valor de  $A_w$  (0,5 – 0,61), das barras de cereais experimentais é favorável durante o período de armazenamento (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA, CANAVES, 2001). Porém, quando a atividade de água é reduzida para um nível baixo ( $< 0,3$ ), poderá acelerar o processo de oxidação dos lipídios (AZEREDO et al., 2004).

Gutkoski et al. (2007) relataram teores de  $A_w$  em barras de cereais a base de aveia com alto teor de fibra alimentar, entre 0,598 e 0,702, valores superiores aos encontrados nesta pesquisa. Freitas (2005) relatou para barras de cereais valores de  $A_w$  variando entre 0,613 a 0,672, valores também superiores aos encontrados neste trabalho. Paiva (2008) ao avaliar as características tecnológicas, químicas, físicas e sensoriais de barras de cereais elaboradas com subprodutos e resíduos agroindustriais, encontrou valores de  $A_w$  entre 0,550 a 0,590, valores semelhantes ao encontrado nesta pesquisa.

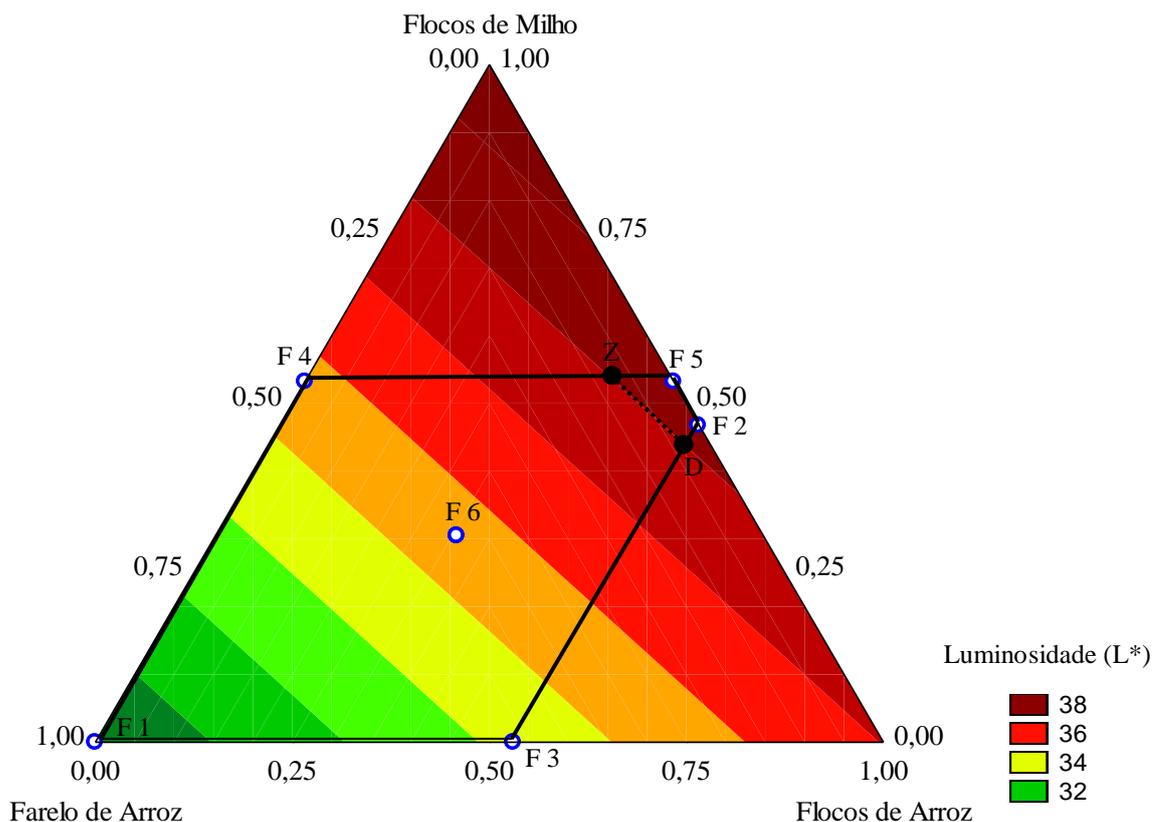
## **5.5.4 Parâmetros instrumentais de cor**

### **5.5.4.1 Luminosidade**

A análise de variância (Tabela 20) para luminosidade ( $L^*$ ), mostrou que o modelo matemático linear foi significativo ( $p = 0,0460$ ) e a falta de ajuste não foi significativa ( $FA = 0,4120$ ), apresentando C.V. de 4,2978% e 59,04% das respostas explicáveis pelo modelo ajustado ( $R^2 = 0,5904$ ) (Anexo H). O gráfico de curvas de nível obtido pelo modelo experimental ajustado de  $L^*$ , está apresentado na Figura 28.

A luminosidade ( $L^*$ ) variou entre 31,20 a 37,07 para as barras experimentais, observando-se a tendência de escurecimento, quanto maior o percentual de farelo de arroz torrado e, clareamento, quanto maior a quantidade de flocos de milho e flocos de arroz.

As barras comerciais apresentaram  $L^*$  entre 40,67 a 42,15, (Tabela 18), sendo mais claras em relação às experimentais. Observou-se que na área experimental, as formulações que mais se aproximaram da  $L^*$  das barras comerciais foram as formulações 2 e 5, sendo a região pontilhada que forma um polígono e liga os pontos F 2, F 5, Z (concentrações em pseudocomponentes foram de 0,53 para flocos de milho, 0,41 flocos de arroz e 0,07 farelo de arroz) e D (concentrações em pseudocomponentes de 0,54 para flocos de arroz, 0,43 para flocos de milho e 0,07 para farelo de arroz), considerada como a melhor região para as barras de cereais experimentais, quando comparadas com a barra comercial rica em fibras (com maior  $L^*$  de 42,15), visto que as formuladas neste estudo eram ricas em fibras.

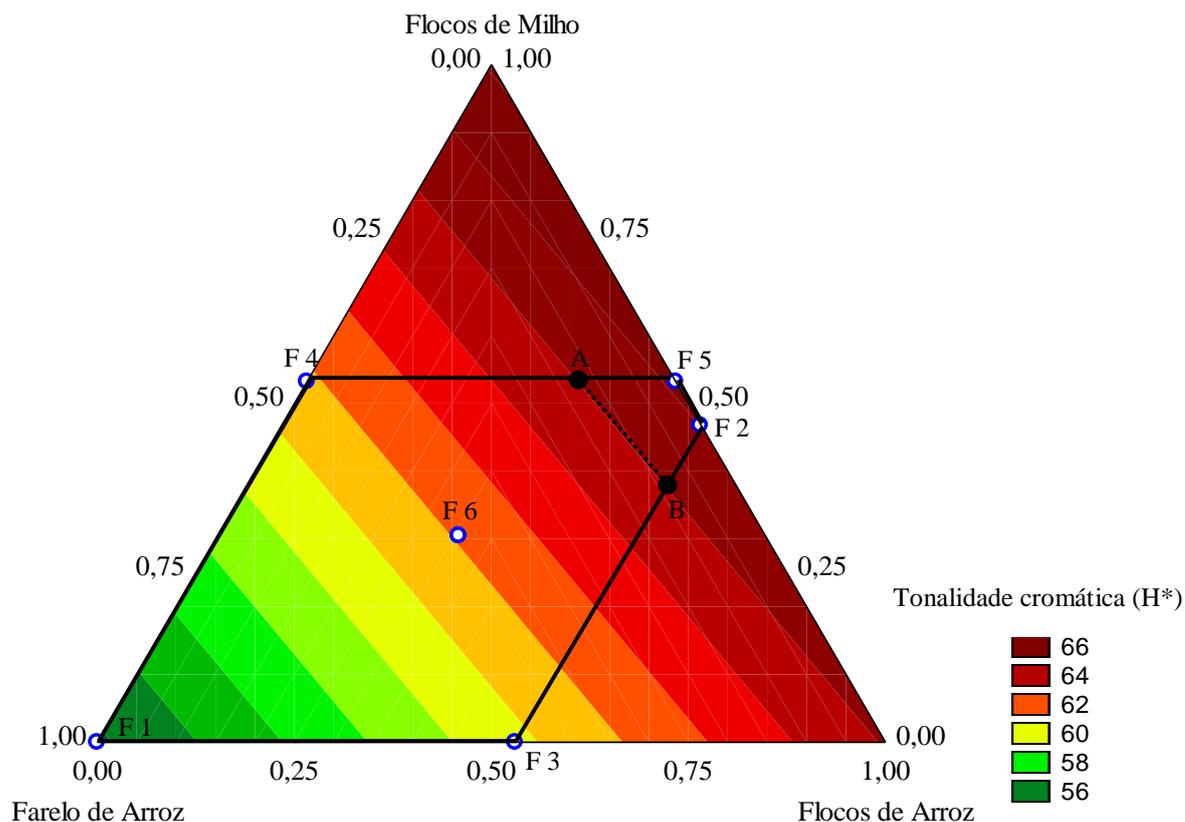


**Figura 28** – Curvas de nível obtido pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes) para luminosidade. Área demarcada entre pontos demonstra a região passível de ser analisada.

Silva et al. (2009) relataram um escurecimento progressivo (redução de  $L^*$  e aumento de  $H^*$ ) das barras, a medida que aumentou a quantidade do resíduo de maracujá na formulação das barras de cereais. Paiva (2008) encontrou valores de  $L^*$  entre 43,93 a 56,35 e concluiu que quanto maior a quantidade de resíduo incorporado nas barras de cereais, maior o escurecimento das mesmas (menor valor de  $L^*$ ), resultados semelhantes ao encontrado neste trabalho.

#### 5.5.4.2 Tonalidade cromática

Para a tonalidade cromática ( $H^*$ ), o modelo matemático linear foi significativo ( $p = 0,0369$ ) (Anexo I), com C.V. de 3,1950% e falta de ajuste não foi significativa (0,8553) e 62,58% das respostas foram explicáveis pelo modelo ajustado ( $R^2_{aj} = 0,6258$ ) (Tabela 20, Anexo I). O gráfico de curvas de nível obtido pelo modelo experimental ajustado de  $H^*$  está apresentado na Figura 29.



**Figura 29** – Curvas de nível obtido pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes) para tonalidade cromática. Área demarcada entre os pontos experimentais demonstra a região passível de ser analisada.

A tonalidade cromática ( $H^*$ ), cujo ângulo vai de vermelho ( $0^\circ$ ) até amarelo ( $90^\circ$ ) (ARIAS et al., 2000), variaram entre 54,24 a 66,24 nas barras de cereais experimentais, observando-se a tendência de amarelecimento. Ou seja, quanto maior o percentual de flocos de milho e flocos de arroz, e o avermelhamento quanto maior a quantidade de farelo de arroz torrado. As barras de cereais comerciais apresentaram  $H^*$  entre 76,71 a 80,72, sendo mais amareladas quando comparadas com as experimentais.

Na área experimental do gráfico, foram observados as formulações 2 e 5 que mais se aproximaram do  $H^*$  das barras de cereais comerciais, sendo a região mais próxima das barras comerciais a que forma um polígono entre F2, F5, A (concentrações em pseudocomponentes de 0,54 para flocos de milho, 0,34 flocos de arroz e 0,12 farelo de arroz torrado) e B (concentrações em pseudocomponentes de 0,53 para flocos de arroz, 0,38 para flocos de milho e 0,08 para farelo de arroz torrado). Portanto, esta região foi considerada ideal para as barras de cereais experimentais quando comparadas com as barras comerciais.

De acordo com os resultados das análises físicas das seis formulações das barras de cereais, observou-se que a formulação 5 foi a que apresentou-se mais próxima das barras

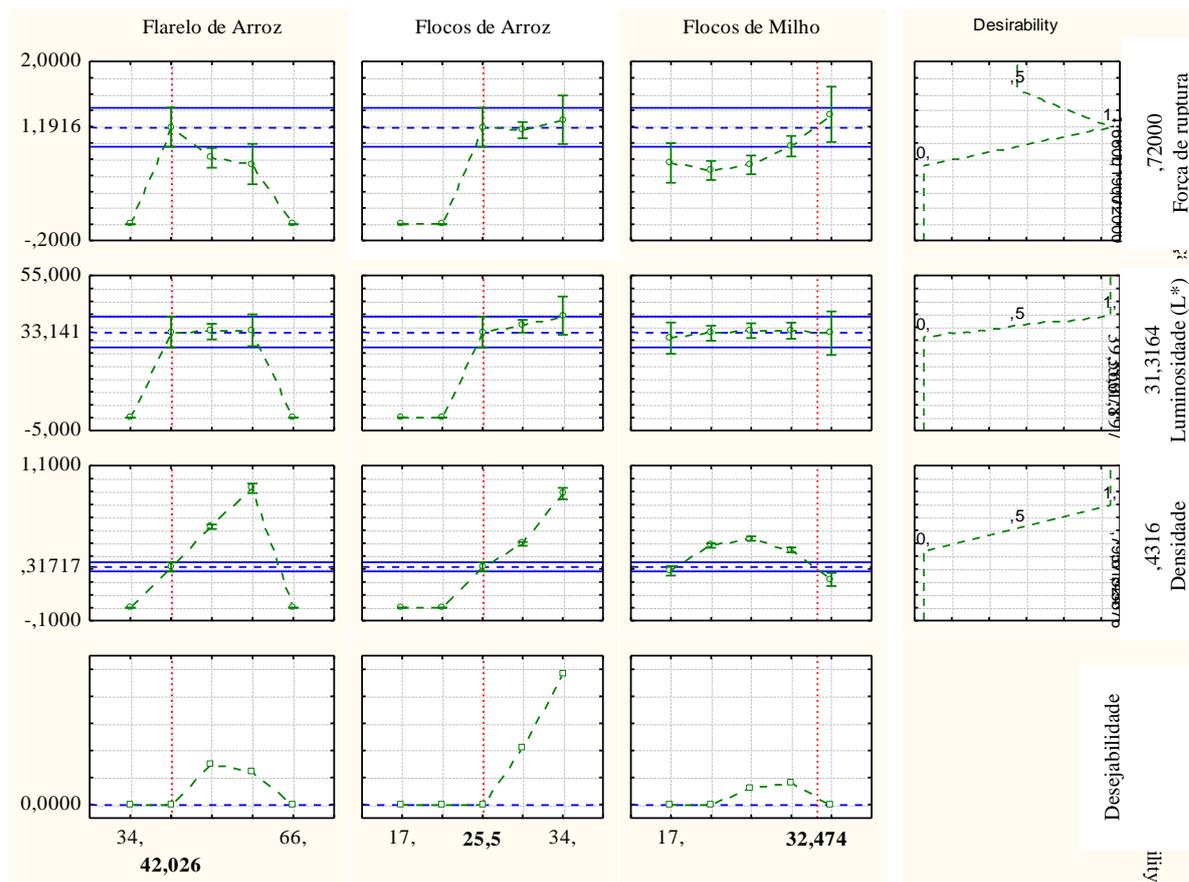
comerciais. Portanto, partindo do objetivo principal deste trabalho, que é o aproveitamento do farelo de arroz na alimentação humana, foram selecionadas as formulações experimentais que possuíam os teores máximo, intermediário e mínimo de farelo de arroz torrado nas formulações das barras de cereais, ou seja, F1 com maior teor de farelo de arroz (20%), F5 com menor porcentagem (10,15%) e F6 com teor intermediário (14,85%), para serem analisadas quanto a composição química e a aceitabilidade global.

## 5.6 DESEJABILIDADE DAS BARRAS DE CEREAIS

A desejabilidade é uma ferramenta utilizada para otimização das respostas de um planejamento fatorial, envolvendo a transformação das variáveis dependentes estimadas pelos modelos estatísticos em valores desejados entre 0 e 1 (HARRINGTON, 1965). A resposta transformada em 1 representa o valor mais desejado e 0 o valor menos desejado.

Assim, gerou-se o diagrama da desejabilidade (Figura 30) para o modelo de força de ruptura, luminosidade e densidade, preditas pelos seus respectivos modelos dentro da faixa de valores observada nas barras de cereais experimentais, comparando-se com as comerciais.

O diagrama mostra que a função desejabilidade apresentou valor otimizado em pseudocomponentes para força de ruptura luminosidade e densidade em 42,03% de farelo de arroz, 25,5% (primeira coluna) de flocos de arroz (segunda coluna) e 32,47% (terceira coluna) de flocos de milho, sendo a formulação experimental 5, a que apresentou-se mais próxima ao valor desejável, visto que, a formulação sugerida pela função desejabilidade estava dentro da área experimental, mas não foi testada, pois não foi gerada pelo planejamento experimental.



**Figura 30** – Desejabilidade das diferentes formulações (em pseudocomponentes) das barras de cereais em relação às características de força de ruptura, luminosidade e densidade.

## 5.7 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR ENERGÉTICO DAS BARRAS DE CEREAIS

A composição química e o valor energético médio das três formulações de barras de cereais, com diferentes teores de farelo de arroz torrado (mínimo, intermediário e máximo), estão expressas na Tabela 22.

**Tabela 22** – Composição química [g (100g)<sup>-1</sup>] e valor energético de três formulações experimentais de barras de cereais com diferentes teores de farelo de arroz torrado (máximo, intermediário e mínimo).

Constituinte	Formulação 1 (Máximo)	Formulação 5 (Mínimo)	Formulação 6 (Intermediário)
Umidade	9,96±0,30 <sup>B</sup>	10,69±0,07 <sup>A</sup>	9,83±0,22 <sup>B</sup>
Cinzas	3,68±0,01 <sup>A</sup>	2,61±0,03 <sup>C</sup>	3,06±0,01 <sup>B</sup>
Proteína	7,60±0,06 <sup>A</sup>	7,50±0,11 <sup>A</sup>	6,18±0,52 <sup>B</sup>
Lipídios	9,57±0,07 <sup>A</sup>	7,43±0,01 <sup>C</sup>	7,79±0,02 <sup>B</sup>
Fibra Solúvel	0,22±0,06 <sup>A</sup>	2,07±0,78 <sup>A</sup>	0,35±0,10 <sup>A</sup>
Fibra Insolúvel	11,57±0,19 <sup>A</sup>	9,40±0,54 <sup>B</sup>	10,71±0,52 <sup>AB</sup>
Fibra Alimentar Total	11,79±0,25 <sup>A</sup>	11,47±0,25 <sup>A</sup>	11,06±0,42 <sup>A</sup>
Carboidratos	67,37±0,28 <sup>B</sup>	70,98±0,39 <sup>A</sup>	72,11±0,18 <sup>A</sup>
Valor energético [(kcal (100 g) <sup>-1</sup> ] <sup>a</sup>	385,95±0,62 <sup>A</sup>	380,79±0,96 <sup>A</sup>	382,40±1,87 <sup>A</sup>
Açúcar Redutor	25,39±0,10 <sup>A</sup>	23,31±4,77 <sup>A</sup>	23,60±2,00 <sup>A</sup>

Formulação 1: 20% FA, 5% FLA, 5% FLM; Formulação 5: 10,15% FA, 9,7% FLA, 10,15% FLM; Formulação 6: 14% FA, 8% FLA, 8% FLM, onde FA = Farelo de Arroz, FLA = Flocos de Arroz e FLM = Flocos de milho; Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre as cultivares (Tukey,  $p \leq 0,05$ );

<sup>a</sup> Valor calculado utilizando-se os fatores de Atwater de 4, 4 e 9 kcal/g para proteínas, carboidratos e lipídios, respectivamente;

<sup>1</sup>Umidade em base úmida e demais componentes em base seca.

As composições químicas das barras de cereais experimentais apresentaram diferença entre si ( $p \leq 0,05$ ), em relação aos constituintes analisados na composição química. A umidade variou entre 9,83, e 10,69 g (100 g)<sup>-1</sup>. A formulação 5 apresentou maior teor de umidade, diferindo ( $p \leq 0,05$ ) das demais, que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). As formulações analisadas apresentaram teores de umidade inferiores a 15%, limite estabelecido pela Resolução CNNPA nº 12 de 1978, no que se refere a produtos a base de cereais (BRASIL, 1978). Loverday et al. (2009) relataram que o conteúdo de umidade de barras de cereais tradicionais, fonte de proteínas, é tipicamente entre 10-15%, valores próximos ao encontrado neste trabalho.

Dutcosky et al. (2006), que avaliaram barras de cereais prebióticas (inulina, oligofrutose e goma acácia) com dois sabores diferentes, banana e maracujá, comparando com uma barra de cereal controle, sem adição de substâncias prebióticas, relataram valores inferiores de umidade [5,47 g (100 g)<sup>-1</sup>, 6,13 g (100 g)<sup>-1</sup> e 6,18 g (100 g)<sup>-1</sup>, para amostra controle, 50 % de inulina e 50% oligofrutose, e 8,5% de inulina, 66,2% de oligofrutose e 25,4% de goma acácia] ao encontrado neste trabalho. Gutkoski et al. (2007) desenvolveram barras de cereais a base de aveia com alto teor de fibra alimentar e relataram teores de umidade entre 10,75 a 13,95 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores acima dos obtidos neste estudo.

Os teores de cinzas das barras de cereais experimentais variaram entre 2,61 a 3,68 g (100 g)<sup>-1</sup> e houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre as três formulações analisadas. A formulação 1

apresentou maior conteúdo de cinzas [3,68 g (100 g)<sup>-1</sup>], seguida pela formulação 6 [3,06 g (100 g)<sup>-1</sup>] e com menor teor a formulação 5 [2,61 g (100 g)<sup>-1</sup>].

Guimarães (2007) relatou teor de cinzas entre 1,15 a 1,38 g (100 g)<sup>-1</sup>, em barras de cereais formuladas com fruta seca, buriti em passa e banana passa, em diferentes concentrações, valores inferiores aos encontrados neste estudo. Freitas (2005) relatou para barras de cereais elaboradas com proteína de soja e germen de trigo, teor de cinzas de 2,20 g (100 g)<sup>-1</sup>. Bueno (2005) ao avaliar as características de qualidade de barras de cereais ricas em fibra alimentar a partir de semente tostada de nêspera, relatou conteúdos de cinzas [de 1,18 a 1,21 g (100 g)<sup>-1</sup>], abaixo dos teores encontrado neste trabalho.

Os conteúdos protéicos das barras de cereais experimentais variaram entre 6,18 a 7,60 g (100 g)<sup>-1</sup>. A formulação 6 apresentou menor teor de proteínas e diferenciou-se ( $p \leq 0,05$ ) das demais formulações, que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). Guimarães (2007) relatou teores de proteínas entre 6,93 a 7,68 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores próximos aos obtidos neste trabalho. Gutkoski et al. (2007) relataram valores de 9,79 a 12,37 g (100 g)<sup>-1</sup> para o conteúdo de proteínas, valores superiores ao deste estudo. Bueno (2005) apresentou conteúdo de proteína entre 4,34 a 5,36 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores inferiores ao deste estudo. Dutcosky et al. (2006) relataram valores de proteína entre 5,58 a 6,15 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores inferiores ao deste trabalho.

Os teores de lipídios variaram entre 7,43 e 9,57 g (100 g)<sup>-1</sup>, e as três formulações se diferenciaram ( $p \leq 0,05$ ). A formulação 1 apresentou maior conteúdo de lipídios [9,57 g (100 g)<sup>-1</sup>], seguida pelas formulações 6 [7,79 g (100 g)<sup>-1</sup>] e formulação 5 [7,43 g/100 g)<sup>-1</sup>].

Gutkoski et al. (2007) relataram conteúdo de lipídios entre 4,94 – 6,57 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores menores aos obtidos neste estudo. Dutcosky et al. (2006) relataram teores de lipídios entre 2,60 e 4,13 g (100g)<sup>-1</sup> para barras de cereais sabor banana e 1,28 a 2,85 g (100 g)<sup>-1</sup> para barras de cereais sabor maracujá, valores inferiores ao encontrado neste trabalho. Silva et al. (2009) relataram conteúdos de lipídios entre 7,5 e 7,8 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores próximos ao encontrado neste estudo. Guimarães (2007) relatou teores de lipídios entre 4,26 a 5,32 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores inferiores aos deste trabalho.

O teor de fibra alimentar total variou entre 11,06 e 11,79 g (100 g)<sup>-1</sup>, e não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre as formulações analisadas. O conteúdo de fibra alimentar insolúvel é predominante em produtos a base de cereal (GUTKOSKI et al., 2007). Para a fibra alimentar insolúvel, cujos valores variaram ente 9,40 a 11,57 g (100 g)<sup>-1</sup>, a formulação 1 diferiu ( $p \leq 0,05$ ) da formulação 5 e não diferiu ( $p > 0,05$ ) da formulação 6, e as formulações 5 e 6 não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre si. Para a fibra alimentar solúvel, as três formulações não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ) e variaram entre 0,22 a 2,07 g (100 g)<sup>-1</sup>.

As formulações com maiores teores de fibra alimentar insolúvel e total apresentaram os maiores valores de conteúdo de farelo de arroz torrado máximo e intermediário. As três formulações podem ser classificadas como ricas em fibra [mínimo de 6 g (100 g)<sup>-1</sup>], conforme descrito na Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1998).

Gutkoski et al. (2007) relataram conteúdo de fibra alimentar total entre 10,69 a 20,56 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores próximos ao encontrado neste trabalho. Guimarães (2007) relatou teor de fibra alimentar total entre 4,77 a 7,40 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores inferiores aos encontrados nesta pesquisa. Dutcosky et al. (2006) relataram conteúdo de fibra alimentar total entre 21,45 a 22,65 g (100 g)<sup>-1</sup> para barras de cereais sabor banana e entre 19,77 a 20,08 g (100 g)<sup>-1</sup> para barras de cereais sabor maracujá. Freitas (2005) reportou teores de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total de 0,87 g (100 g)<sup>-1</sup>, 4,30 g (100 g)<sup>-1</sup> e 5,17 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores inferiores aos encontrados neste trabalho. Bueno (2005) obteve resultados inferiores [7,70 a 7,86 g (100 g)<sup>-1</sup>] aos deste trabalho, para o conteúdo de fibra alimentar total, em barras de cereais contendo de 0 a 8% de semente de nêspira torrada. Silva et al. (2009) relataram conteúdos de 0,5 g (100 g)<sup>-1</sup> para fibra solúvel, 9,8 g (100 g)<sup>-1</sup> para insolúvel e 10,4 g (100 g)<sup>-1</sup> para fibra alimentar total em barras de cereais com 30% de substituição de aveia em flocos por resíduo industrial de maracujá, valores inferiores aos encontrados nesta pesquisa.

O conteúdo de proteínas aumentou na formulação com maior teor de farelo de arroz, assim como os teores de lipídios e fibra alimentar total, fato que pode ser explicado pela composição química do farelo de arroz torrado estudado, cujos teores para proteína, lipídios e fibra alimentar total foram 14,14 g (100 g)<sup>-1</sup>, 20,31 g (100 g)<sup>-1</sup> e 38,53 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 17). Portanto, o farelo de arroz torrado é um ingrediente rico em fibras e com alto teor de lipídios e proteínas.

Os teores de carboidratos das diferentes formulações experimentais de barras de cereais variaram entre 67,37 e 72,11 g (100 g)<sup>-1</sup>. O teor de carboidratos da formulação 1 foi menor ( $p \leq 0,05$ ) que os das formulações 5 e 6, que não diferenciaram ( $p > 0,05$ ) entre si. As barras de cereais experimentais apresentaram alto teor de carboidratos, sendo este o maior contribuinte energético, representado pelo alto percentual de amido dos cereais e pela glicose de milho nas formulações. Guimarães (2007) encontrou teores de carboidratos semelhantes [69,72 a 71,38 g (100 g)<sup>-1</sup>] aos deste trabalho. Freitas (2005) relatou conteúdo de carboidratos [60,97 g (100 g)<sup>-1</sup>] inferior ao deste estudo. Dutcosky et al. (2006) e Gutkoski et al. (2007) apresentaram conteúdos de carboidratos entre 46,69 e 58,94 g (100 g)<sup>-1</sup> e de 72,81 a 74,96 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente, valores inferiores aos deste trabalho. Silva et al. (2009) relataram teor de carboidratos de 64,2 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores também inferiores ao deste estudo.

O valor energético estimado, apresentou-se maior para a formulação 1 [385,95 kcal (100 g)<sup>-1</sup>], que continha maior teor de farelo de arroz torrado, fato que pode ser explicado pelo elevado conteúdo de lipídios do farelo de arroz torrado 20,31 g (100 g)<sup>-1</sup>. Gutkoski et al. (2007) apresentaram teores energéticos entre 291,61 a 321,70 kcal (100 g)<sup>-1</sup>, valores superior ao encontrados neste trabalho. Dutcosky et al. (2006) apresentaram teores energéticos entre 72,81 a 91,09 kcal (100 g)<sup>-1</sup>, valores inferiores ao deste estudo. Guimarães (2007) reportou teores energéticos entre 349,61 a 358,77 g (100 g)<sup>-1</sup> e Silva et al. (2009) relataram 344 kcal (100 g)<sup>-1</sup>, conteúdos energéticos superiores ao encontrado neste trabalho.

Os açúcares redutores das barras de cereais experimentais variaram de 23,31 a 25,39 g (100 g)<sup>-1</sup>, não diferenciando entre si ( $p > 0,05$ ). O alto teor de açúcares redutores pode ser explicado pela alta porcentagem (44%) de xarope de glicose de milho, utilizada nas formulações das barras de cereais.

## 5.8 ACEITAÇÃO GLOBAL DAS BARRAS DE CEREAIS

Os escores médios do teste de Aceitação Global para as três formulações de barras de cereais, com diferentes teores de farelo de arroz torrado (mínimo, intermediário e máximo), estão expressos na Tabela 23.

**Tabela 23** – Médias dos escores, seguidas pelos desvios-padrão de barras de cereais com teores mínimos, intermediários e máximos de farelo de arroz torrado, geradas pelos 51 provadores no Teste de Aceitação Global.

Formulação	Escore *
1	6,35 ± 2,06 <sup>B</sup>
5	7,96 ± 1,51 <sup>A</sup>
6	7,39 ± 1,77 <sup>A</sup>

\* Letras diferentes indicam diferença entre as formulações (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

A três formulações apresentaram escores médios acima de 6,0. A formulação 1, com maior conteúdo de farelo de arroz, obteve menor escore (6,35), diferindo ( $p \leq 0,05$ ) das formulações 5 e 6 (7,96 e 7,39, respectivamente), com menor e maior teor de farelo de arroz torrado, respectivamente, que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ).

Portanto, a formulação 1, obteve pontuação entre gostei ligeiramente e gostei moderadamente, com aceitabilidade entre 6 e 7, conforme descrito na ficha de avaliação

(Figura 9). As formulações 5 e 6 apresentaram maiores aceitabilidades, ambas obtiveram pontuação entre gostei moderadamente e gostei muito, com aceitabilidade de 7 e 8.

Estevez et al. (1998), em estudo sobre barras de cereais com amendoim, obtiveram escores de 5,5 a 7,10, inferiores aos obtidos nesta pesquisa. Dutcosky (2004), em um delineamento experimental com nove barras de cereais adicionadas dos prebióticos (inulina, oligofrutossacarídeo e goma acácia), avaliou a aceitabilidade, cuja pontuação variou entre 5,46 a 7,22, inferiores, também, aos escores encontrados neste trabalho. Gutkoski et al. (2007), ao avaliarem em delineamento experimental com sete barras de cereais à base de aveia, encontraram pontuação de aceitabilidade entre 7,13 a 8,13. Sampaio et al. (2009) em estudo de perfil sensorial e aceitabilidade de barras de cereais fortificadas com ferro, relataram escores de aceitabilidade entre 6,97 a 7,76. Paiva (2008) encontrou aceitabilidade global de barras de cereais elaboradas com resíduos industriais com escores entre 4,56 e 6,73, valores abaixo aos encontrados neste trabalho.

Portanto, as barras de cereais experimentais formuladas com teores mínimo (10,15%), intermediário (14,85%) e o máximo (20%) de farelo de arroz torrado foram bem aceitas e possuem potencial comercial, além de serem alimentos com qualidade nutricional e funcional, sendo uma alternativa viável para o aproveitamento do farelo pelas indústrias de alimentos.

## 6. CONCLUSÕES

As cultivares analisadas diferenciam-se quanto as características tecnológicas dos grãos de arroz. A cv. IRGA 417 apresenta maior grau de polimento e rendimento de inteiros e menor renda do beneficiamento. A cv. BRS Sertaneja obtêm maior renda do beneficiamento e rendimento de inteiros, e o grau de polimento intermediário, enquanto a cv. BRS Primavera apresenta menor grau de polimento e rendimento de inteiros.

Os farelos de arroz cru e torrados das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 diferenciam-se quanto aos parâmetros de cor. Há escurecimento, amarelecimento e avermelhamento no decorrer do tempo de torra. Os farelos crus e com 6 min de torra da cv. IRGA 417 apresentam coloração mais clara (maiores valores de luminosidade) em relação às cvs. BRS Primavera e BRS Sertaneja. Com tempos de torra maiores, o farelo da cv. BRS Primavera apresenta coloração mais clara que os farelos das cvs. BRS Sertaneja e IRGA 417.

Com relação à atividade de água dos farelos de arroz cru, as três cultivares estudadas apresentam valores inferiores ao limite ( $A_w \leq 0,6$ ) para o crescimento microbiano. Os farelos torrados das cvs. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417 apresentam valores bem abaixo do limite, entre 0,14-0,35.

O teste descritivo de Perfil Livre permite diferenciar as amostras de farelo de arroz torrado, quanto a cultivar e o tempo de torra. Com o tempo de torra, os farelos caracterizam-se com aroma e sabor mais intenso de torrado e queimado. A cv. IRGA 417 com 12 min de torra caracteriza-se com aroma agradável, além de sabor mais adocicado. Observa-se diferença sensorial entre as cultivares estudadas. As cvs. IRGA 417 e BRS Primavera são parecidas e, também, diferenciadas da cv. BRS Sertaneja, considerando os mesmos tempos de torra.

Os farelos de arroz crus e torrados das cvs. estudadas possuem alto valor nutritivo, sendo fontes de proteínas, lipídios e fibra alimentar, podendo ser considerado um produto funcional e, assim, ser utilizado para alimentação humana. Os farelos de arroz torrados da cv. BRS Sertaneja apresentam maiores conteúdos de fibras alimentar insolúvel e total, enquanto a cv. BRS Primavera os menores teores. Para os farelos de arroz crus, a cv. BRS Primavera apresenta maiores teores de fibras alimentar insolúvel e total, e a cv. IRGA 417 os menores conteúdos.

O processo de torra diminui os teores de açúcares redutores dos farelos das cvs. de arroz BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417. A cv. IRGA 417 apresenta menor conteúdo de açúcar redutor no farelo cru, enquanto a cv. BRS Primavera o maior teor. A cv. BRS Sertaneja apresenta o maior teor nos farelos torrados nos tempos 9 e 15 min e a cv. BRS Primavera os menores conteúdos de açúcares redutores nos farelos com 9 e 15 min de torra.

Os teores de fósforo total, fósforo fítico e ácido fítico encontrados nos farelos de arroz torrados são menores que nos farelos crus, das três cultivares analisadas, favorecendo o valor nutricional dos mesmos. Os farelos de arroz cru e torrados da cv. IRGA 417 possuem maiores teores de fósforo total, fósforo fítico e ácido fítico, em relação às cvs. BRS Sertaneja e BRS Primavera.

Quanto maior o conteúdo de farelo de arroz nas formulações das barras de cereais estudadas, menor a atividade de água (0,54). A densidade tende a aumentar (0,76 g/cm<sup>3</sup>) e mais escura fica a barra (L\* de 31,20). Quanto maior o teor de flocos de arroz há tendência a maior força de ruptura (1,59 N) e densidade intermediária (0,51 g/cm<sup>3</sup>), menor a atividade de água (0,54) e mais claras (L\* de 37,07) as barras de cereais. Para as formulações com maiores quantidades de flocos de milho, obtêm-se barras com tendência a menor densidade (0,44 g/cm<sup>3</sup>), maior atividade de água (0,55), mais claras (35,11) e com força de ruptura intermediária (1,50 N).

A formulação 5, com 10,15% de farelo de arroz, 9,7% de flocos de arroz e 10,15% de flocos de milho, é a que se apresenta mais próxima às características de força de ruptura, atividade de água, densidade e cor das barras comerciais caracterizadas neste estudo, sendo, portanto, considerada a formulação de barra de cereal mais próxima do produto com maior desejabilidade. A barra de cereal sugerida pela desejabilidade é a com 42,03% de farelo de arroz, 25,5% de flocos de arroz e 32,47% de flocos de milho.

As três barras de cereais formuladas com farelo de arroz torrado são classificadas como alimento rico em fibras, sendo, portanto, classificadas como alimento funcional, além de possuírem elevado conteúdo energético. As três barras de cereais possuem alto conteúdo de açúcares redutores e de lipídios.

No teste de Aceitação Global, as três formulações de barras de cereais, com diferentes teores de farelo de arroz torrado (mínimo, intermediário e máximo) são aceitas pelos consumidores, sendo que as formulações com 10,15% e 14,85% de farelo de arroz torrado apresentam maiores aceitabilidades. Mas como a diferença de aceitação é pequena, a indústria pode utilizar qualquer uma das três formulações.

O consumo de barras de cereais elaboradas com farelo de arroz torrado pode garantir ao consumidor um alimento de qualidade sensorial, nutricional, funcional, além de prático e viável tecnologicamente.

A utilização do farelo de arroz torrado na elaboração de barras de cereais é uma alternativa para aproveitamento deste resíduo pelas indústrias de alimentos.

## REFERÊNCIAS

- AACC (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS) REPORT. Dietary Fiber Technical Committee. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 46, n. 3, p. 112-126, 2001.
- ABDUL-HAMID, A.; LUAN, Y. S. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. **Food Chemistry**, London, v. 68, n. 1, p.15-19, 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.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 12994**: Métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas – classificação. Rio de Janeiro. 2p. 1993.
- AHMED, F.; PLATEL, K.; VISHWANATHA, S.; PUTTARAJ, S.; SRINIVASAN, K. Improved shelf-life of rice bran by domestic heat processing and assessment of its dietary consumption in experimental rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 67, p. 87-60, 2007.
- AHN, H. J.; KIM, J. H.; JO, C.; KIM, M. J.; BYUM, M. W. Comparison of irradiated phytic acid and other antioxidants for antioxidant activity. **Food Chemistry**, London, v. 88, n. 2, p. 173-178, 2004.
- ALENCAR, M. L. C. B.; ALVARENGA, M. G. Farelo de arroz (I): composição química e seu potencial como alimento. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Belo Horizonte, v. 34, n. 1, p.95-108, 1991.
- AMATO, G. W.; ELIAS, M. C. **A parboilização do arroz**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2005. 160 p.
- 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.
- AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**: Agricultural chemicals, contaminants, drugs. 16. ed., v. 1. Gaithersburg: AOAC International, 1997.
- ARAÚJO, J. M. A. Oxidação de lipídios em alimentos. In:\_\_\_\_. **Química de alimentos: teórica e prática**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2004. cap.1. p. 1-64.
- ARIAS, R.; LEE, T.C; LOGENDRA, L.; JONES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L\*, a\*, b\* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycoene content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 5, p. 1697-1702, California, 2000.
- AZEREDO<sup>a</sup>, 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.

AZEREDO<sup>b</sup>, M. C.; PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R. M. C. Alterações microbiológicas durante a estocagem. In: AZEVEDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. cap. 1, p.37-64.

BARBUTI, S.; PAROLARI, G. Causes and prevention of dry-cured ham defects. In: II SYMPOSIUM INTERNACIONAL DEL JAMÓN CURADO. **Anais...** Barcelona, Espanha, 2000, p.19-25.

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Unicamp, 2003. 299p.

BELLO-PÉREZ, L.A.; ORTÍZ-MALDONADO, F.; VILLAGÓMEX-MENDEZ, J.; TORO-VASQUEZ, J.F. Effect of fatty acids on clarity of starch pastes. **Starch/ Stärke**, Weinheim, v. 50, n. 9, p. 383-386, 1998.

BEMILLER, J. N.; WHISTLER, R. L. In: FENNEMA, R. (Ed). **Food Chemistry**. 3. ed. New York: University of Wisconsin, 1996. cap. 4, p. 158-223.

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, n.2, p.175–183, 2004.

BHATTACHARYA, K. R. Breakage of Rice during milling: a review. **Tropical Science**, London, v. 22, n. 3, p. 225-276, 1980.

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

BRAGANTINI, C. Secagem e beneficiamento. In: VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, E. P. (Eds.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. cap.13, p. 515-538.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução CNNPA n. 12, de 1978**. Normas Técnicas Especiais. Brasília, DF: ANVISA, 1978. Disponível em <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 18 dez. 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Brasília, DF: ANVISA, 2003. Disponível em:<<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>.Acesso em: 20 maio 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 27, de 13 de janeiro de 1998**. Aprova Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Brasília, DF:ANVISA, 1998. Disponível em <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 15 dez. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **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: 12 out. 2009.

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**, London, v. 25, n. 1, p. 57-63, 1997.

BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. M.; MORAES, O. P. Cultivares de arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F (Eds). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006, 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, 2006. (Comunicado Técnico, 133). 4p. ISSN 1677-961X. Disponível em: < [http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/comunicadotec/comt\\_133.p](http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/comunicadotec/comt_133.p)

BRUNE, M.; ROSSANDER-HULTEN, L.; HALLBERG, L.; GLEERUP, A., SANDBERG, A. Iron absorption from bread in humans: inhibition effects of cereal fiber, phytate and inositol phosphates with different numbers of phosphate groups. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 122, n. 3, p. 442-449, 1992.

BUÉLON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, Greeley, v. 23, n. 2, p. 85-112, 1998.

BUENO, R. O. G. **Características de qualidade de biscoitos e barras de cereais ricos em fibra alimentar a partir de farinha de semente e polpa de nêspera**. 2005. 118f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BUFFLER, C. R. **Microwave cooking and processing: engineering fundamentals for the food scientist**. New York: V. N. REINHOLD AVI, 1992.169 p.

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.

CAMARGO, K. F.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 586-591, 2008.

CARVALHO, C. W. P. **Uso de farelo de arroz na produção de biscoito tipo amanteigado**. 1995. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

CARVALHO, J. L. V. de; BASSINELLO, P. Z. Aproveitamento industrial. In: STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1118p.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Fabricación de pan**. 1 ed. Zaragoza: Editorial Acribia, 2002. 440 p.

CHAMP, M. Determination of resistant starch in foods and food products: interlaboratory study. **European Journal of Clinical Nutrition**, Southampton, v. 46, n. 2, p. 51-62, 1992.

CHEN, P. S.; TORIBARA, T. Y.; WARNER, H. Microdetermination of phosphorus. **Analytical Chemistry**, Chapel Hill, v. 28, n. 11, p. 1756-1758, 1956.

CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **Critical Reviews in Food and Nutrition**, Cleveland, v. 13, n. 4, p. 296-335, 1980.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. 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.

CIVILLE, A. V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 4, n. 2, p. 204-209, 1973.

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

COLORPRO – Munsell Conversion versão 4.01. Disponível em: <[www.colorpro.com/info/software/munsell.htm](http://www.colorpro.com/info/software/munsell.htm)>. Acesso em: 25 de jan. 2009.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Central de informações agropecuárias: safra de grãos**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9\\_levantamento\\_jun2008.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9_levantamento_jun2008.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2009

CORNELL, J. A. **Experiments with mixtures-designs, models and the analysis of mixture data**. 2 ed. New York: J. Wiley, 1990. 432 p.

COSGROVE, D. J. The chemistry and biochemistry of inositol poliphosphatos. **Pure and Applied Chemistry**, Durham, v. 16, p. 209-224, 1966.

CUI, R.; OATES, C.G. The effect of amylase-lipid complex formation on enzyme susceptibility of sago starch. **Food Chemistry**, London, v. 65, p. 417-425, 1999.

CUNHA, M. L. **Estudo da secagem do café cereja descascado pelo processo a ar quente assistido a microondas**. Campinas, 1996. 74p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

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.

DECAREAU, R. V.; PETERSON, R. A. **Microwave processing and engineering**. Chichester: Ellis Horwood, 1986. 224p.

DE PENNA, E. W. Métodos sensoriales y sus aplicaciones. In: ALMEIDA, T. C. A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M. H.; SILVA, M. A. A. P. (Eds). **Avanços em análise sensorial**. São Paulo: Varela, 1999, p. 133-22.

DE VRIES, J. W. Dietary fiber: the importance of definition on analysis and regulation. **Journal of AOAC International**, Gaithersburg, v. 87, n. 3, p. 682-706, 2004.

DIAS, L. C. G. D.; REYES, F.; CAMARGO, J. L. V.; RODRIGUES, M. A. M. Conteúdo de celulose, hemicelulose e lignina no farelo de arroz fresco. **Revista Nutrição PUCAMP**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 62-70, 1994.

DIJKSTERHUIS, G. B.; GOWER, J. C. The interpretation of Generalized Procrustes Analysis and allied methods. **Food Quality and Preference**, Keynsham, v. 3, n. 1, p. 67-87, 1991.

DIJKSTERHUIS, G. B.; PUNTER, P. Interpreting Generalized Procrustes Analysis “analysis of variance” tables. **Food Quality and Preference**, Keynsham, v. 2, n. 1, p. 255-265, 1990.

DOUDU, K. G.; TAYLOR, J. R. N.; BELTRON, P. S.; HAMAKER, B. R. Factors affecting sorghum protein digestibility. **Journal of Cereal Science**, London, v. 38, p. 117-131, 2003.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996. 123p.

DUTCOSKY, S. D. **Barras de cereais com alto teor de fibras prebióticas: desenvolvimento tecnológico e comprovação clínica de seus efeitos**. 2004, 143f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2004.

DUTCOSKY, S. D.; GROSSMAN, M. V. E.; SILVA, R. S. S. F.; WELSH, A. K. Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. **Food Chemistry**, Saint Paul, v. 98, n. 4, p. 630-638, 2006.

DUXBURY, D. Dietary fiber: still no accepted definition. **Food Technology**, Chicago, v. 58, n. 5, p. 70-71,80, 2004.

EERLINGEN, R. C.; DELCOUR, J. A. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. **Journal of Cereal Science**, London, v. 22, n. 2, p. 129-138, 1995.  
ELIASSON, A. C. **Starch in food: structure, function and applications**. Great Abington: Woodhead Publishing Limited, 2004. 605p.

EMBRAPA. **Origem e história do arroz**. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/arroz/historia.htm>>. Acesso em: 22 jun. 2008.

EMPSON, K. L.; THEODORE, P. L.; GRAF, E. Phytic acid as a food antioxidant. **Journal of Food Science**, Malden, v. 56, n. 2, p. 560-563, 1991.

ENGLYSH, H. N.; CUMMINGS, J. H. Improved method for the measurement of dietary fiber as non starch polysaccharides in plant foods. **Journal of the AOAC International**, Gaithersburg, v. 71, n. 5, p. 808-814, 1988.

ENGLYSH, H. N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, Southampton, v. 46, n. 2, p. 33-50, 1992.

ESTEVEZ, A. M.; ESCOBAR, B. A.; TEPPER, A. L.; CASTILLO, E. V. Almanecenamento y uso de antioxidantes em barras de cereales y mani. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 48, n. 2, p. 160-164, 1998.

FADINI, A. L. **Comparação da eficiência do processo convencional de torração do cacau frente ao processo por microondas**. Campinas, 1998. 122p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **Food Outlook June 2009**. Disponível em: <[http://www.fao.org/waicent/portal/statistics\\_en.asp](http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp)>. Acesso em: 17 out. 2009.

FEDDERN, V.; FURLONG, E. B.; SOARES, L. A. de S. Efeitos da fermentação nas propriedades físico-químicas e nutricionais do farelo de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 800-804, 2007.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Linea). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 56-65, 2008.

FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 795-802, 2005.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

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

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

FONSECA, F. A. **Condições de encharcamento sobre a qualidade de arroz parbolizado de terras altas**. 2009. 208f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

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

FREITAS, D. G. C. Barras de cereais elaboradas com proteína de soja e gérmen de trigo, características físico-químicas e textura durante armazenamento. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 55, n. 3, p. 269-274, 2005.

FREITAS, D. G. C.; MORETTI, R. H. Barra de cereais de elevado teor protéico e vitamínico: estabilidade enzimática e das vitaminas C e E durante armazenamento. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 56, n. 3, p. 299-304, 2006.

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

GELDERS, G. G.; VANDERSTUKKEN, T. C.; GOESAERT, H.; DELCOUR, J. A. Amylose-lipid complexation: a new fractionation method. **Carbohydrate Polymers**, Bromsgrove, v. 56, p. 447-458, 2004.

GOLDBLITH, S. A. Basic principles of microwaves and recent developments. **Advances in Food Research**, Lincoln, v. 15, p. 277-301, 1967.

GÕNI, I.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Towards an updated methodology for measurement of dietary fiber, including associated polyphenols, in food and beverages. **Food Research International**, Guelph, v. 42, n. 7, p. 840-846, 2009.

GOWER, J. C. Generalized Procrustes Analysis. **Psychometrika**, Greensboro, v. 40, n. 1, p. 33-51, 1975.

GRAF, E.; EATON, J. W. Antioxidant functions of phytic acid. **Free Radical Biology and Medicine**, Los Angeles, v. 8, n. 1, p. 61-69, 1990.

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

GUIMARÃES, M. M. **Utilização de frutos de murici-passa no processamento e qualidade nutricional de barras de cereais**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

GUTKOSKI, L. C.; BONAMIGO, J. M. A.; TEIXEIRA, D. M. F.; PEDÓ, I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 355-363, 2007.

HAFEZ, Y. S.; MOHAMED, A. I.; HEWEDY, F. M.; SINGH, G. Effect of microwave heating on solubility, digestibility and metabolism of soy protein, **Journal of Food Science**, Malden, v. 50, p. 415-417, 1985.

HAMMOND, N. A. Functional and nutritional characteristics of rice bran extracts. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 39, n. 2, p. 99-103, 1994.

HAN, O.; FAILA, M. L.; HILL, A. D.; MORRIS, E. R.; SMITH JÚNIOR, J. C. Inositol phosphates inhibit uptake and trans-port of iron and zinc by human intestinal cell line. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 124, n. 4, p. 580-587, 1994.

HARE, L. B. Mixture design applied to food formulation. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n. 3, p. 50-62, 1974.

HARRINGTON JUNIOR, E. C. The desirability function. **Industrial Quality Control**, New York, v. 21, n. 10, p. 494-498, 1965.

HEYMANN, H. A comparison of free-choice profiling and multidimensional scaling of vanilla samples. **Journal of Sensory Studies**, Manhattan, v. 9, n. 4, p. 445-453, 1994.

HOFFPAUER, D. W. New applications for whole rice bran. **Cereal Food World**, St. Paul, v. 50, n. 4, p. 173-174, 2005.

HOFMANN, T.; SCHIEBERLE, P. Evaluation of the key odorants in a thermally treated solution of ribose and cysteine by aroma extract dilution techniques. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 43, n. 8, p. 2187-2194, 1995.

HOUSTON, D. F.; KOHLER, G. O. Nutritional properties of rice. **National Academy of Science**, Washington, p.65, 1970.

HUI, Y.H.; BAILEY, A. E. **Bailey's industrial oil and fat products**, v. 2, 5<sup>a</sup>ed. New York: John Wiley & Sons. p. 393-409, 1996.

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

IZZO, M.; NINESS, K. Formulating nutrition bars with inulin and oligofructose. **Cereal Food World**, St. Paul, v. 46, n. 3, p. 102-105, 2001.

JENAB, M.; THOMPSON, L. U. Role of phytic acid in cancer and other diseases. In: REDDY, N. R.; SATHE, S. K. (Ed). **Food Phytates**, Florida: CRC Press, 2002, p.225-248.

JENKINS, J. A.; KENDALL, C. W. C.; FAULKNER, D. A.; NGUYEN, T.; KEMP, T.; MARCHIE, A. Assessment of the longer-term effects of a dietary portfolio of cholesterol-lowering foods in hypercholesterolemia. **American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v. 83, n. 3, p. 582-591, 2006.

JONES, J. M. The benefits of eating breakfast cereals. **Cereal Food World**, St. Paul, v. 46, n. 10, p. 461-467, 2001.

JULIANO, B. O. Rice bran. In: \_\_\_\_\_. **Rice Chemistry and Technology**. Minnesota. AACC: Publications, p. 647-687, 1985.

JURUNRATTANASRI, A. J.; THEERAKULKAIT, C.; CADWALLADER, K. R. Aroma components of acid-hydrolyzed vegetable protein made by partial hydrolysis of rice bran protein. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 9, p. 3044-3050, 2007.

KARKALAS, J.; SONG, M.; MORRISON, W. R.; PETHRICK, R. A. Some factors determining thermal properties of amylase inclusion complexes with fatty acids. **Carbohydrate Research**, London, v. 268, p. 233-247, 1995.

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

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. **Estabilidade e qualidade do farelo de arroz sob diferentes tratamentos e aplicação do produto extrusado em biscoito**. 2008, 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimento) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

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**, London, 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, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 58).

LEHRFELD, J. HPLC separation and quantitation of phytic acid and some inositol phosphates in foods: problems and solutions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, p. 2726-2731, 1994.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

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.

LOBATO, L. P. **Efeito combinado de leite, amido e inulina, nas características texturais e sensoriais de pudins**. 2006, 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

LÖNNERDAL, B.; SANDBERG, A. S.; SANDSTRÖM, B.; KUNZ, C. J. Inhibitory effect of phytic acid and other inositol phosphates on zinc and calcium absorption. **Journal of Nutrition**, Houston, v. 199, n. 2, p. 211-214, 1989.

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

LOVERDAY, S. M.; HINDMARSH, J. P.; CREAMER, L. K.; SINGH, H. Physicochemical changes in a model protein bar during storage. **Food Research International**, Guelph, v. 42, n. 7, p. 798-806, 2009.

LUH, B. S.; BARBER, S.; BARBER, C. B. Rice bran: chemistry and technology. In: LUH, B. S. (Ed). **Rice: utilization**. 2 ed. New York: Van Nostrand Reinhold. 1991, cap. 14. p. 314-362. MAGA, J. A. Rice product volatiles: a review. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v.32, n. 5, p. 964-970, 1984.

MARSAIOLI JR., A. **Desenvolvimento da tecnologia de aplicação de microondas em secador cilíndrico-rotativo combinado com ar quente para produtos granulados**. Campinas, 1991. 197p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

MARSAIOLI JR., A.; CUNHA, M. L.; CANTO, M. W. Secagem de café cereja descascado por ar quente e microondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 381-385, 2003.

MARSHALL, W. E. Utilization of rice bran/hulls in value-added products. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993, p.68-76.

MARTINEZ-DOMINGUEZ, B.; GOMES, M. I.; LEÓN, F. R. Ácido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.

MARTINS, S. I. F. S.; JONGEN, W. M. F.; VAN BOEKEL, M. A. J. S. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. **Trends in Food Science and Technology**, London, v. 11, n. 9-10, p. 364-373, 2000.

MATSUURA, F. C. A. U. **Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barras de cereais**. 2005. 157f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MCCANN, M. C.; ROBERTS, K. In: LLOYD, C. W. (Ed.). **Architecture of the primary cell wall in the cytoskeletal basis of plant growth and form**. London; Academic Press, 1991, p. 109-129.

MCCLEARY, B. V. The integrated procedure for the measurement of total dietary fibre (including resistant starch), non-digestible oligosaccharides and available carbohydrates. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, Heidelberg, v. 389, n. 1, p. 291-308, 2007.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. New York: Boca Raton, 3 ed., 1999. 387p.

MINIHAME, A. M.; RIMBACH, G. Iron absorption and the iron binding and anti-oxidant properties of phytic acid. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 37, n. 7, p. 741-748, 2002.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Tokio: Minolta, 1997.

MITCHELL, V. W.; BOUSTAIN, P. Cereal bars: a percentual, chemical and sensory analysis. **British Food Journal**, Bradford, v. 92, n. 5, p. 17-22, 1990.

MOHAMED, Z. H.; HILL JR, S. E.; MITCHELL, J. R. Covalent cross linking in heated protein systems. **Journal of Food Science**, Malden, v. 65, n. 2, p. 221-226, 2000.

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.

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.

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. 8p. (Circular Técnica, 68).

MORRIS, E. R. Physico-chemical properties of food polysaccharides. In: SCHWEIZER, T. F; EDWARDS, C. A (Ed). **Dietary Fibre – A component of food, nutritional function in health and disease**. Springer-Verlag: ILSI Europe, p. 41-55, 1992.

MORRISON, W. R. Lipids in cereal starches: a review. **Journal of Cereal Science**, London, v. 8, n. 8, p.1-15, 1988.

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

MRIDULA, D.; GOYAL, R. K.; BHARGAV, V. K.; MANIKANTAN, M. R. Effect of roasting on texture, colour and acceptability of soybean for making *sattu*. **International Journal of Agricultural Research**, Oxford, v. 2, n. 4, p.265-272, 2007.

MRIDULA, D.; GOYAL, R. K.; MANIKANTAN, M. R. Effect of roasting on texture, colour and acceptability of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) for making *sattu*. **International Journal of Agricultural Research**, Oxford, v. 3, n. 1, p. 61-68, 2008.

MUDGETT, R. E. Eletrical properties of foods. In: RAO, M. A. (Ed.) **Engineering properties of food**, 2. New York, 1996. p.389-456.

MUJAHID, A.; ASIF, M.; UL-HAQ, I.; ABDULLAH, M.; GILANI, A. H. Nutrient digestibility of broiler feeds containing different levels of variously processed rice bran stored for different periods. **Poultry-Science**, Lahore, v. 82, n. 9, p. 1438-1443, 2003.

MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, G. V. Universal, product and attribute specific scaling and the development of common lexicons in descriptive analysis. **Journal of Sensory Studies**, Manhattan, v. 13, n. 1, p. 57-67, 1998.

MURRAY, J.; DELAHUNTY, C. M.; BAXTER, I. A. Descriptive sensory analysis; past, present and future. **Food Research International**, Oxford, v. 34, n. 6, p. 461-471, 2001.

NELSON, N. A fotometric adaptaion of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, p. 375-380, 1944.

NITZKE, J. A.; BIEDRZYCKI, A. **Terra de arroz**. Porto Alegre: ICTA-UFRGS, 2004. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/alimentus/terradearroz/grao/gr\\_divisao.htm](http://www.ufrgs.br/alimentus/terradearroz/grao/gr_divisao.htm)> Acesso em: 29 set. 2009.

O'CARROL, P. Boosting cereal bars. **World of Ingredients**, New York, p. 36-38, 1999.

O'DELL, B. L.; DeBOLLAND, A. R.; KOIRTYOHANN, S. R. Distribution of phytate and nutritionally important elements among the morphological components of cereal grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easten, v. 20, p. 718-721, 1972.

OATWAY, L.; VASANTHAN, T.; HELM, J. H. Phytic acid. **Food Reviews International**, Philadelphia, v. 17, n. 4, p. 419-431, 2001.

OP & P. PRODUCT RESEARCH. **Senstools versão 2.3**. Utrecht: O & P. Product Research, 1995 – 1998. Conjunto de programas. CD ROOM.

ORDÓÑEZ, J. A. Carboidratos. In: \_\_\_\_\_. **Tecnologia de alimentos. Componentes dos alimentos e processos**. Vol. 1. Porto Alegre: Artmed, 2005, cap. 5, p. 63-80.

PAIVA, A. P. **Estudos tecnológico, químico, físico-químico e sensorial de barras alimentícias elaboradas com subprodutos e resíduos agroindustriais**. 2008. 131f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PALAZZOLO, G. Cereal bars: they're not just for breakfast anymore. **Cereal Food World**, St. Paul, v. 48, n. 2, p. 70-72, 2003.

PARRADO, J.; MIRAMONTES, E.; JOVER, M.; GUTIERREZ, J. F.; TERÁN, L. C.; BAUTISTA, J. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 4, p. 742-748, 2006.

RADHIKA, G. S.; MOORTHY, S. N. Effect of sodium dodecylsulfate on the physicochemical, thermal and pasting properties of cassava starch, **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 60, n. 2, p. 87-96, 2008.

RAMARATHNAM, N. OSAWA, T.; NAMIKI, M.; KAWAKISHI, N. Studies on changes in fatty acid composition and content of endogenous antioxidant during  $\gamma$ -irradiation of rice seeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 66, n. 1, p. 105-108, 1989.

RAMEZANZADEH, F. M.; RAO, R. M.; PRINYAWIWATKUL, W.; MARSHALL, W. E.; WINDHAUSER, M. Effects of microwave heat, packaging, and storage temperature on fatty acid and proximate compositions in rice bran. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, New Orleans, v. 48, n. 8, p. 464-467, 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 Agriculture and Food Chemistry**, New Orleans, 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.

RICHTER, V. B. **Desenvolvimento de uma técnica sensorial descritiva por ordenação**. 2006, 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciências de Alimentos e Farmácia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

RICKARD, S.; THOMPSON, L. Interactions and biological effects of phytic acid. In: SHAIDI, F. (Ed.). **Antinutrients and phytochemicals in food**. Washington: American Chemical Society, 1997. p. 294-312.

RODRÍGUEZ, R.; JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A. Dietary fiber from vegetable products as a source of functional ingredients. **Trends in Food Science and Technology**, London, v. 17, n. 1, p. 3-15, 2006.

RUFÍAN-HENARES, J. A.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCIA-VILLANOVA, B. Generation of Furosine and Color in Infant/Enteral Formula-Resembling Systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 17, p. 5354-5358, 2004.

RUFÍAN-HENARES, J. A.; MORALES, F. J. Effect of in vitro enzymatic digestion on antioxidant activity of coffee melanoidins and fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 3, p. 10016-10021, 2007.

SACHS, L. G. SACHS, L. G.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; PORTUGAL, A. P.; FELINTO, A. S.; SACHS, J. D. D. Leitura de imagem pixel a pixel: I. Uso no controle de qualidade de alimentos. In: IV SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, **Resumos...** Campinas, Brasil: Universidade Estadual de Campinas, 2001. p.258.

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

SAMPAIO, C. R. P.; FERREIRA, S. M. R.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Perfil sensorial e aceitabilidade de barras de cereais fortificadas com ferro. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 95-106, 2009.

SANDBERG, A. S. In vitro and in vivo degradation of phytate. In: REDDY, N. R.; SATHE, S. K. (Ed). **Food Phytates**, Florida: CRC Press, 2002, p. 139-155.

SANTOS, A. B.; RABELO, R. R. Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins. Santo Antônio de Goiás, 2008. (Documento nº 218). 168p. ISSN 1678-9644. Disponível em: <[http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc\\_218.pdf](http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_218.pdf)>. Acesso em: 29 jun 2008.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M., CANAVES, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. CETEA: Campinas, 2001, 213 p.

SATHE, S. K.; REDDY, N. R. Introduction. In: REDDY, N. R.; SATHE, S. K. (Ed.). **Food Phytates**, Florida: CRC Press, 2002, p. 1-4.

SAUNDERS, R. M. Rice bran: composition and potencial food uses. **Food Reviews International**, Philadelphia, v. 3, n. 1, p. 465-495, 1985-86.

SAUNDERS, R. M. The properties of rice bran as a foodstuff. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 35, n. 7, p. 632-636, 1990.

SAYRE, R. N.; SAUNDERS, R. M.; ENOCHIAN, R. V.; SCHULTZ, W. G. BEAGLE, E. C. Review of rice bran stabilization systems with emphasis on extrusion cooking. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 27, n. 7, p. 317-322, 1982.

SENEVIRATNE, H. D.; BILIADERIS, C. G. Action of alpha-amylases on amylase-lipid complex superstructures. **Journal of Cereal Science**, Malden, v. 13, n. 2, p. 129-143, 1991.

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

SHAHIDI, F. Beneficial health effects and drawbacks of antinutrients. In: SHAHIDI, F (Ed.). **Antinutrients and Phytochemicals in Food**. Washington: American Chemical Society, 1997. p. 1-9.

SHARMA, H. R.; CHAUHAN, G. S.; AGRAWAL, K. Physico-chemical characteristics of rice bran processed by dry heating and extrusion cooking. **International Journal of Food Properties**, Philadelphia, v. 7, n. 3, p. 603-614, 2004.

SILVA, F. A. **Estudo da aplicação de energia de microondas na secagem da noz macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche)**. 2005. 151f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SILVA, F. A.; MARSAIOLI, JR., A. Drying Brazil nuts using hot air assisted by microwaves, compared to conventionally dried Samples. INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROWAVE AND HIGH FREQUENCY HEATING, **Proceedings 9th**. Loughborough, UK, 2003. p. 341-344.

SILVA, I. Q.; OLIVEIRA, B. C. F.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Obtenção de barras de cereais adicionada do resíduo industrial de maracujá. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 321-329, 2009.

SILVA, M. A.; SANCHES, C.; AMANTE, E. R. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran. **Journal of Food Engineering**, London, v. 75, n. 4, p.487-491, 2006.

SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; MARTINS, K. A.; BORGES, S. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 176-182, 2001.

SLAVIN, J. L.; LAMPE, J. W. Health benefits of rice bran in human nutrition. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 37, n. 10, p. 760-762, 1992.

SNAPE, C.E.; MORRISON, W. R.; MAROTO-VALER, M. M.; KARKALAS, J.; PETHRICK, R. A. Solide state <sup>13</sup>C NMR investigation of lipid ligands in V-amylose inclusion complexes. **Carbohydrate Polymers**, Bromsgrove, v. 36, n. 2, p. 225-237, 1998.

SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; LACERDA, D. B. C. L.; KOAKUZU, S. N.; GEBIN, P. F. C.; JUNQUEIRA, T. L.; GOMES, V. A. Características físicas e tecnológicas de pães elaborados com farelo de arroz torrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 815-828, 2008.

SOMOGYI, M. A new reagent for determination of sugars. **A New Sugar Reagent**, v. 160, n. 1, p. 61-68, 1945.

SOUSA, W.A.; PITOMBO. R.N.M.; DA SILVA, M.A.A.P.; MARSAIOLI, JR,A. Sensory evaluation of dried Bananas obtained from air dehydration assisted by microwaves. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROWAVE AND HIGH FREQUENCY HEATING. PORADA, M. W.; VERLAG, S. (Ed.). **Anais...** Bayreuth, Germany, 2001. p. 289-302.

STASOFT. **STATISTICA 7.0 for Windows** – Computar program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007. CD Room.

STEINKE, R. D.; PAULSON, M. C. Phenols from grain, production of steam-volatile phenols during cooking and alcoholic fermentation of grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 12, n. 4, p. 381-387, 1964.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. New York: Academic Press, 1993. 338p.

SVENSSON, E.; GUDMUNDSSON, M.; ELIASSON, A.C. Binding of sodium dodecylsulphate to starch polysaccharides quantified by surface tension measurement. **Colloids and Surfaces**, Hamilton, v. 6, n. 4, p.227-233, 1996.

TAHA, F. S.; MOHAMED, S. S. Effect of different denaturing methods on lipid-protein complex formation. **Food Science and Technology**, London, v. 37, n.1, p. 99-104, 2004.

TAKAGI, S.; YOSHIDA, H. Microwave heating influences on fatty acid distributions of triacylglycerols and phospholipids in hypocotyl of soybeans (*glycine max* L). **Food Chemistry**, London, v. 66, n. 3, p. 345-351, 1999.

- TAO, J.; RAO, R. M.; LIUZZO, J. A. Thermal efficiencies of conventional and microwave heat stabilization of rice bran. **Louisiana Agriculture**, New Orleans, v. 30, n. 3, p. 15, 1993.
- TETTWEILER, P. Snack foods worldwide. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 1, p. 58-62, 1991.
- THAMKE, I.; DURRSCHMID, K.; ROHM, H. Sensory description of dark chocolates by consumers. **Food Science and Technology**, London, v. 42, n. 2, p. 534-539, 2009.
- THEBAUDIN, J. Y.; LEFEBVRE, A. C.; HARRINGTON, M.; BOUGEOIS, C. M. Dietary fibres: nutritional and technology interest. **Trends in Food Science and Technology**, London, v. 8, p. 41-47, 1997.
- THOMPSON, D. B.; ERDMAN JR., J. W. Phytic acid in soybeans. **Journal of Food Science**, Malden, v. 47, n. 2, p. 513-517, 1982.
- THOMPSON, L. U.; YOON, J. H. Starch digestibility as affected by polyphenols and phytic acid. **Journal of Food Science**, Malden, v. 49, n. 4, p. 1228-1229, 1984.
- TOSH, S. M.; YADA, S. Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. **Food Research International**, London, v. 43, n. 2, p. 450-460, 2010.
- VENTRIMANI, R.; JYOTHIRMAYI, N.; HARIDAS RAO, P.; RAMADOSS, C. S. Inactivation of lipase and lipoxygenase in cereal bran, germ and soybean by microwave treatment. **Food Science and Technology**, London, v. 25, n. 6, p. 532-535, 1992.
- VERGHESE, M.; RAO, D. R.; CHAWAN, C. B.; WALKER, L. T.; SHACKELFORD, L. Anticarcinogenic effect of phytic acid (IP6): apoptosis as a possible mechanism of action. **Food Science and Technology**, London, v. 39, n. 10, p. 1093-1098, 2006.
- 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, N. R. A.; CARVALHO, J. L. V. Qualidade tecnológica. In: VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, 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. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão (Ed), 2006, cap. 23, p. 869-900.
- VILLANUEVA, N. D. M.; PETENATE, A. J.; DA SILVA, M. A. A. P. Performace of the hybrid hedonic scale as compared to the tradicional hedonic, self-adjusting and ranking scales. **Food Quality and Preference**, Keynsham, v. 16, n. 8, p. 691-703, 2005.
- VON HIPPEL, A. R. **Dielectric and waves**. 2. Ed. Massachusetts: MIT Press, 1995. 284p.
- VUCENIK, I.; SHAMSUDDIN, A. M.; COLE, K. E. IP6: A novel anti-cancer agente. **Life Science**, Tuscon, v. 61, n. 4, p. 343-353, 1997.

WALL, M. M.; GENTRY, T. S. Carbohydrate composition and color development during drying and roasting of macadamia nuts (*Macadamia integrifolia*). **Food Science and Technology**, London, v. 40, n. 4, p. 587-593, 2007.

WANKENNE, M. A. Fibras: uma falta de definição. **Aditivos e Ingredientes**, São Paulo, v. n. 4, p. 24-35, 1999.

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

WELCH, G. B. **Beneficiamento de sementes no Brasil**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1973. 205 p.

WILLIAMS, A. A.; ARNOLD, G. M. A comparison of the aromas of coffees characterized by conventional profiling, free-choice profiling and similar scaling methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Easton, v. 36, n. 3, p. 204-214, 1985.

WILLIAMS, A. A.; LANGRON, S. P. The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Easton, v. 35, n. 5, p. 558-568, 1984.

WILSON, E. D.; SANTOS, A. C.; VIEIRA, E. C. Energia. In: OLIVEIRA, J. E. D.; SANTOS, A. C.; WILSON, E. D. (Coords.). **Nutrição básica**. São Paulo: Sarvier, 1982. p. 79-97.

YANG, G. Y.; SHAMSUDDIN, A. M. IP6 Induced growth inhibition and differentiation of HT-29 human colon cancer cells: involvement of intracellular inositol phosphates. **Anticancer Research**, Attiki. v. 15, n. 6 B, p. 2479-2487, 1995.

YEO, H.; SHIBAMOTO, T. Effect of moisture content on the Maillard browning model system upon microwave irradiation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 2, p. 464-467, 1991.

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

ZHOU, J. R.; ERDMAN, J. W. Jr. Phytic acid in health and disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 35, n. 6, p. 495-508, 1995.

ZHOU, Z.; BLANCHARD, C.; HELLIWELL, S.; ROBARDS, K. Fatty acid composition of three rice varieties following storage. **Journal of Cereal Science**, London, v. 37, n. 3, p. 327 – 335, 2003.

ANEXO A – ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PARA A LUMINOSIDADE DOS FARELOS DE ARROZ CRUS E TORRADOS EM MICROONDAS DAS CVS. BRS SERTANEJA, BRS PRIMAVERA E IRGA 417.

**Quadro A.** Modelo de regressão completo e análise de variância para médias experimentais de luminosidade ( $L^*$ ) nos farelos de arroz cru e torrados em 6, 9, 12, 15 e 18 min da cv. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417.

<b>BRS Sertaneja</b>					
$L^* = 68,4928 - 0,4905 x - 0,0813 x^2$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,9884</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	13,78	1	13,78	7,85	0,0134
<b>Quadrática</b>	134,89	1	134,89	76,84	0,0000
<b>Erro</b>	26,33	15	1,76		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	68,4928	0,7418		0,0000	
<b>X<sub>1</sub></b>	- 0,4905	0,1751		0,0134	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	- 0,0813	0,0093		0,0000	
<b>BRS Primavera</b>					
$L^* = 68,6938 - 0,2115 x - 0,0677 x^2$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2</math>) = 0,9533</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	2,56	1	2,56	0,648	0,433409 <sup>ns</sup>
<b>Quadrática</b>	93,46	1	93,46	23,645	0,000207
<b>Erro</b>	59,29	15	3,95		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	68,6938	1,1132		0,0000	
<b>X<sub>1</sub></b>	-0,2115	0,2627		0,4334 <sup>ns</sup>	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	-0,0677	0,0139		0,0002	
<b>Irga 417</b>					
$L^* = 71,5765 - 0,7068 x - 0,0725 x^2$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,9827</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	28,61	1	28,61	10,401	0,0057
<b>Quadrática</b>	107,26	1	107,26	38,995	0,0000
<b>Erro</b>	41,26	15	2,75		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	71,5765	0,9286		0,0000	
<b>X<sub>1</sub></b>	-0,7068	0,2192		0,0057	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	-0,0725	0,0116		0,0000	

ANEXO B – ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PARA A COORDENADA DE CROMATICIDADE  $a^*$  DOS FARELOS DE ARROZ CRUS E TORRADOS EM MICROONDAS DAS CVS. BRS SERTANEJA, BRS PRIMAVERA E IRGA 417.

**Quadro B.** Modelo de regressão completo e análise de variância para médias experimentais da coordenada de cromaticidade  $a^*$  nos farelos de arroz cru e torrados em 6, 9, 12, 15 e 18 min da cv. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417.

<b>BRS Sertaneja</b>					
$a^* = 2,3809 + 0,4333 x$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,8943</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	118,3087	1	118,3087	144,7867	0,0000
<b>Erro</b>	13,0740	16	0,8171		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	2,3809	0,4184		0,0000	
<b>X<sub>1</sub></b>	0,4333	0,0360		0,0000	
<b>BRS Primavera</b>					
$a^* = 2,4374 + 0,4568 x$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,9452</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	131,4378	1	131,4378	294,4459	0,0000
<b>Erro</b>	7,1422	16	0,4464		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	2,4374	0,3093		0,0000	
<b>X<sub>1</sub></b>	0,4568	0,0266		0,0000	
<b>Irga 417</b>					
$a^* = 3,3426 + 0,4407 x$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,9132</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	122,3467	1	122,3467	179,9282	0,0000
<b>Erro</b>	10,8796	16	0,6800		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	3,3426	0,3817		0,0000	
<b>X<sub>1</sub></b>	0,4407	0,0329		0,0000	

ANEXO C – ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PARA A COORDENADA DE CROMATICIDADE  $b^*$  DOS FARELOS DE ARROZ CRUS E TORRADOS EM MICROONDAS DAS CVS. BRS SERTANEJA, BRS PRIMAVERA E IRGA 417.

**Quadro C.** Modelo de regressão completo e análise de variância para médias experimentais da coordenada de cromaticidade  $b^*$  nos farelos de arroz cru e torrados em 6, 9, 12, 15 e 18 min da cv. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417.

<b>BRS Sertaneja</b>					
$b^* = 17,8430 + 1,3261 x - 0,0568 x^2$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,9093</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	100,71	1	100,71	139,868	0,0000
<b>Quadrática</b>	65,76	1	65,76	91,327	0,0000
<b>Erro</b>	10,80	15	0,720		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	17,8430	0,4751		0,0000	
<b><math>X_1</math></b>	1,3261	0,1121		0,0000	
<b><math>X_1^2</math></b>	-0,0568	0,0059		0,0000	
<b>BRS Primavera</b>					
$b^* = 19,1107 + 0,7756 x - 0,022 x^2$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,9256</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	34,456	1	34,456	72,861	0,0000
<b>Quadrática</b>	9,841	1	9,841	20,811	0,0004
<b>Erro</b>	7,093	15	0,473		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	19,1107	0,3850		0,0000	
<b><math>X_1</math></b>	0,7756	0,0909		0,0000	
<b><math>X_1^2</math></b>	-0,022	0,0048		0,0004	
<b>Irga 417</b>					
$b^* = 19,1288 + 1,3483 x - 0,053 x^2$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,9735</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	104,117	1	104,117	422,59	0,0000
<b>Quadrática</b>	57,591	1	57,591	233,752	0,0000
<b>Erro</b>	3,696	15	0,246		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	19,1288	0,2779		0,0000	
<b><math>X_1</math></b>	1,3483	0,0656		0,0000	
<b><math>X_1^2</math></b>	-0,053	0,0035		0,0000	

ANEXO D – ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PARA A ANÁLISE DE ATIVIDADE DE ÁGUA DOS FARELOS DE ARROZ CRUS E TORRADOS EM MICROONDAS DAS CVS. BRS SERTANEJA, BRS PRIMAVERA E IRGA 417.

**Quadro D.** Modelo de regressão completo e análise de variância para médias experimentais da atividade de água nos farelos de arroz cru e torrados em 6, 9, 12, 15 e 18 min da cv. BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417.

<b>BRS Sertaneja</b>					
$Aw^* = 0,554 - 0,0444 x + 0,0013 x^2$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,9259</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	0,1131	1	0,1131	72,4620	0,0000
<b>Quadrática</b>	0,0319	1	0,0319	20,4731	0,0004
<b>Erro</b>	0,0234	15	0,0016		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	0,554	0,0221		0,0000	
<b>X<sub>1</sub></b>	- 0,0444	0,0052		0,0000	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	0,0013	0,0003		0,0004	
<b>BRS Primavera</b>					
$Aw^* = 0,4820 - 0,0356 x + 0,0013 x^2$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,8656</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	0,0727	1	0,0727	67,0634	0,0000
<b>Quadrática</b>	0,0364	1	0,0364	33,6306	0,0000
<b>Erro</b>	0,0163	16	0,0011		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	0,4820	0,0184		0,0000	
<b>X<sub>1</sub></b>	- 0,0356	0,0043		0,0000	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	0,0013	0,0002		0,0000	
<b>Irga 417</b>					
$Aw^* = 0,5591 - 0,0417 x - 0,0011 x^2$					
<b>Coefficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,8722</b>					
<b>Regressão</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>Valor F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	0,0994	1	0,0994	36,4303	0,0000
<b>Quadrática</b>	0,0251	1	0,0251	9,1911	0,0084
<b>Erro</b>	0,0409	15	0,0027		
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>	
<b>Média</b>	0,5591	0,0293		0,0000	
<b>X<sub>1</sub></b>	- 0,0417	0,0069		0,0000	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	0,0011	0,0004		0,0084	

ANEXO E – ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PARA A ANÁLISE DE FORÇA DE RUPTURA DAS BARRAS DE CEREAIS EXPERIMENTAIS.

**Quadro E.** Coeficientes numéricos, modelo matemático ajustado e análise de variância dos coeficientes da regressão da força de ruptura das barras de cereais experimentais.

<b>Força de ruptura</b>								
<b>Coeficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,9242</b>								
<b>C.V. = 6,64%</b>								
	<b>Modelo</b>			<b>Erro</b>				
<b>Modelo</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	0,5783	2	0,2892	0,5748	5	0,1150	2,5154	0,1754 <sup>ns</sup>
<b>Quadrático</b>	0,5373	2	0,2687	0,0375	2	0,0125	21,5100	0,0166
<b>Total</b>	1,1532	7	0,1647					
<b>Parâmetros da equação</b>								
	<b>coeficiente</b>		<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>			
<b>Farelo de arroz (A)</b>	0,8601		0,1116		0,0045			
<b>Flocos de arroz (B)</b>	4,7395		0,6632		0,0056			
<b>Flocos de milho (C)</b>	2,0679		0,2322		0,0029			
<b>AB</b>	-8,1404		1,2547		0,0074			
<b>BC</b>	-7,1841		1,4523		0,0159			
<b>Ajuste do modelo</b>								
	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>		<b>p</b>		
<b>Modelo</b>	1,1157	4	0,2789	22,3307		0,0144		
<b>Erro total</b>	0,0375	3	0,0125					
<b>Falta de ajuste</b>	0,0301	1	0,0301	8,1274		0,1042		
<b>Erro puro</b>	0,0074	2	0,0037					
<b>Total ajustado</b>	1,1532	7	0,1647					

ANEXO F – ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PARA A ANÁLISE DE DENSIDADE DAS BARRAS DE CEREAIS EXPERIMENTAIS.

**Quadro F.** Coeficientes numéricos, modelo matemático ajustado e análise de variância dos coeficientes da regressão da densidade das barras de cereais experimentais.

<b>Densidade</b>								
<b>Coeficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,9960</b>								
<b>C.V. = 0,8086%</b>								
	<b>Modelo</b>			<b>Erro</b>				
<b>Modelo</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	0,0481	2	0,0241	0,09663	5	0,01933	1,2446	0,364188
<b>Quadrático</b>	0,0965	3	0,0322	0,00016	2	0,00008	391,09	0,002551
<b>Total</b>	0,1447	7	0,0207				4	
<b>Parâmetros da equação</b>								
	<b>coeficiente</b>		<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>			
<b>Farelo de arroz (A)</b>	0,76121		0,009067		0,000142			
<b>Flocos de arroz (B)</b>	3,59437		0,107204		0,000888			
<b>Flocos de milho (C)</b>	-1,47998		0,107204		0,005206			
<b>AB</b>	-7,05921		0,226483		0,001028			
<b>AC</b>	4,91174		0,226483		0,002119			
<b>BC</b>	-1,85468		0,120165		0,004172			
<b>Ajuste do modelo</b>								
	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>		<b>p</b>		
<b>Modelo</b>	0,1446	5	0,0289	351,6801		0,0028		
<b>Erro total</b>	0,0002	2	0,0000					
<b>Falta de ajuste</b>	0,0000	0	0,0000					
<b>Erro puro</b>	0,0002	2	0,0000					
<b>Total ajustado</b>	0,1447	7	0,0207					

ANEXO G – ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PARA A ANÁLISE DE ATIVIDADE DE ÁGUA DAS BARRAS DE CEREAIS EXPERIMENTAIS.

**Quadro G.** Coeficientes numéricos, modelo matemático ajustado e análise de variância dos coeficientes da regressão da atividade de água das barras de cereais experimentais.

<b>Atividade de água</b>								
<b>Coeficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,6436</b>								
<b>C.V. = 0,5712%</b>								
	<b>Modelo</b>			<b>Erro</b>				
<b>Modelo</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	0,0002	2	0,0000	0,0000	5	0,0000	7,3215	0,0327
<b>Total</b>	0,0003	7	0,0000					
<b>Parâmetros da equação</b>								
	<b>coeficiente</b>		<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>			
<b>Farelo de arroz (A)</b>	0,5390		0,0030		0,0000			
<b>Flocos de arroz (B)</b>	0,5330		0,0053		0,0000			
<b>Flocos de milho (C)</b>	0,5640		0,0053		0,0000			
<b>Ajuste do modelo</b>								
	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>		<b>p</b>		
<b>Modelo</b>	0,0002	2	0,0001	7,3215		0,0327		
<b>Erro total</b>	0,0000	5	0,0000					
<b>Falta de ajuste</b>	0,0000	3	0,0000	0,7057		0,6312		
<b>Erro puro</b>	0,0000	2	0,0000					
<b>Total ajustado</b>	0,0003	7	00000					

ANEXO H – ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PARA A ANÁLISE DE LUMINOSIDADE DAS BARRAS DE CEREAIS EXPERIMENTAIS.

**Quadro H.** Coeficientes numéricos, modelo matemático ajustado e análise de variância dos coeficientes da regressão da luminosidade das barras de cereais experimentais.

<b>Luminosidade</b>								
<b>Coeficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,5904</b>								
<b>C.V. = 4,2978%</b>								
	<b>Modelo</b>			<b>Erro</b>				
<b>Modelo</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	36,9281	2	18,4640	15,2727	5	3,0545	6,0448	0,0463
<b>Total</b>	52,2008	7	7,4573					
<b>Parâmetros da equação</b>								
	<b>coeficiente</b>		<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>			
<b>Farelo de arroz (A)</b>	30,1319		1,4303		0,0000			
<b>Flocos de arroz (B)</b>	36,0340		2,5269		0,0000			
<b>Flocos de milho (C)</b>	38,6759		2,5269		0,0000			
<b>Ajuste do modelo</b>								
	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>		<b>p</b>		
<b>Modelo</b>	36,9281	2	18,4640	6,0448		0,0463		
<b>Erro total</b>	15,2730	5	3,0545					
<b>Falta de ajuste</b>	10,7195	3	3,5732	1,5695		0,4120		
<b>Erro puro</b>	4,5532	2	2,2766					
<b>Total ajustado</b>	52,2008	7	7,4573					

ANEXO I - ANÁLISE DE VARIÂNCIA OBTIDA PARA A ANÁLISE DE TONALIDADE CROMÁTICA DAS BARRAS DE CEREAIS EXPERIMENTAIS.

**Quadro I.** Coeficientes numéricos, modelo matemático ajustado e análise de variância dos coeficientes da regressão da tonalidade cromática das barras de cereais experimentais.

<b>Tonalidade cromática</b>								
<b>Coeficiente de determinação ajustado (<math>R^2_{adj}</math>) = 0,6258</b>								
<b>C.V. = 0,6258</b>								
	<b>Modelo</b>			<b>Erro</b>				
<b>Modelo</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Linear</b>	73,1745	2	36,5873	26,6928	5	5,3386	6,8534	0,0369
<b>Total</b>	99,8673	7	14,2668					
<b>Parâmetros da equação</b>								
	<b>coeficiente</b>		<b>Erro padrão</b>		<b>p</b>			
<b>Farelo de arroz (A)</b>	54,8222		1,8909		0,0000			
<b>Flocos de arroz (B)</b>	64,0882		3,3407		0,0000			
<b>Flocos de milho (C)</b>	66,0912		3,3407		0,0000			
<b>Ajuste do modelo</b>								
	<b>S.Q</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>		<b>p</b>		
<b>Modelo</b>	73,1745	2	36,5873	6,8534		0,0369		
<b>Erro total</b>	26,6928	5	5,3386					
<b>Falta de ajuste</b>	7,3584	3	2,4528	0,2537		0,8553		
<b>Erro puro</b>	19,3344	2	9,6672					
<b>Total ajustado</b>	99,8673	7	14,2668					

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)