



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

FREDERICO INÁCIO TONHÁ GUIMARÃES

**FARINHA PRÉ-GELATINIZADA DE ARROZ NA  
FORMULAÇÃO DE SOBREMESA INSTANTÂNEA**

Goiânia  
2012

FREDERICO INÁCIO TONHÁ GUIMARÃES

**FARINHA PRÉ-GELATINIZADA DE ARROZ NA  
FORMULAÇÃO DE SOBREMESA INSTANTÂNEA**

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

**Orientador:** Prof. Dr. Márcio Caliarí

**Co-orientador:** Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior

Goiânia  
2012

FREDERICO INÁCIO TONHÁ GUIMARÃES

**FARINHA PRÉ-GELATINIZADA DE ARROZ NA  
FORMULAÇÃO DE SOBREMESA INSTANTÂNEA**

Dissertação defendida e aprovada em 25 de abril de 2012, pela Banca Examinadora  
constituída pelos membros:

---

**Prof. Dr. Armando Garcia Rodriguez**  
**Membro da Banca**

---

**Prof. Dr. Rosângela Vera**  
**Membro da Banca**

---

**Prof. Dr. Márcio Caliari - UFG**  
**Orientador**

## DEDICATÓRIA

*Dedico a conclusão deste, primeiramente a Deus.  
Pai, sem Ti nada sou, nada fui e nada serei. Às  
minhas mães, minha irmã Polly, ao meu amor e à  
minha amiga do coração Aline.*

## AGRADECIMENTOS

É tão difícil e tão gostoso ao mesmo tempo, chegar nessa etapa. São tantas as pessoas que contribuíram, enriqueceram e alegraram de alguma forma esses dois anos, que preciso ter o cuidado de não esquecer ninguém. Começo agradecendo a Deus, sobre todas as coisas. Sem a Tua mão abrindo meus caminhos, sem a Tua luz iluminando-os e sem o Teu amor me guiando, nada disso seria possível ou valeria à pena. À minha família, de onde os incentivos vieram desde antes de eu colocar os pés no chão. Às minhas mães Jaci e Tetê, que me deram a criação, a educação e tudo que fosse possível para que minha vida fosse tão maravilhosa como é hoje. Obrigado mãe por ser minha fã número zero, por me mostrar que posso alcançar o que é possível e acreditar que sou capaz de alcançar também o impossível. Tetê, você me tomou pela mão e me trouxe até aqui, mesmo quando a minha vontade era sentar e ficar no caminho. Tudo o que sou, devo a você. Ao meu tio Nonon, que foi tio, pai, amigo e conselheiro. Suas orações e força sempre sustentaram a nossa família, só tenho a agradecer por tudo. À minha irmãzinha Pollyana, minha bujas, que está em um país distante, mas que eu levo dentro do meu coração sempre. Obrigado por me amar como eu sou, seremos sempre parceiros um do outro. Nossas loucuras perduram pela família. Perturbados? Sempre! E lembre-se, a mistura é farinha, açúcar, leite... (risos). Quel meu amor, não só laços de sangue, mas laços da alma! Obrigado sempre por estar presente e me lembrar que o céu é o limite! “*La amistad...*” lembra?

Agradeço à minha outra família, minha avozinha Laíde e à Gabi, minha “boadrasta”, obrigado pela amizade, pelos incentivos, pela confiança, por me ouvirem e me lembrarem sempre que por pior que seja o problema, a vida é uma festa e eu sou o convidado principal. Obrigado por serem tão compreensivas e me apoiarem de uma forma tão transparente e carinhosa.

Obrigado ao meu amor, pela paciência, pelo carinho constante, por acreditar nos meus sonhos (sonho que só sonha só é só um sonho que se sonha só, mas sonho que se sonha junto é realidade), por aplaudir minhas loucuras, rir das minhas insanidades, por estar ao meu lado nos piores e melhores momentos, por me fazer experimentar todas as nuances de sentimentos, às vezes todas de uma vez só e principalmente por me amar, que é a parte mais difícil. Te agradeço pelo incentivo constante, por acreditar no meu crescimento e me apoiar nas minhas decisões. Foram tantas as dificuldades, mas você esteve presente em cada uma delas,

acompanhando meu crescimento e fazendo o possível e o impossível para que eu fosse o melhor. E você é um dos motivos pelos quais eu luto para realmente ser o melhor. Para voar, são necessárias duas asas, eu tenho uma e a outra está com você. T.A.P.S.

Após agradecer à família que Deus me deu, agradeço agora à família que eu pude escolher. Obviamente, a loucura é uma afinidade. Eu poderia escrever um parágrafo para cada um, mas então teria uma tese só sobre meus amigos. Começo pela Aline, e preciso dizer que não tenho palavras para agradecê-la. Só consigo dizer obrigado por tudo, antes de começar a chorar. Não conto pelos anos, que já são muitos, mas pelos momentos, e você sempre esteve em todos. Obrigado por ser mãe, amiga, irmã, conselheira, juízo, consciência, cacete, afago, carinho e, claro, saber estatística. Nos meus momentos de desespero, você sempre me deu a mão, nos meus momentos tristes você me mimou, nos meus momentos alegres você sorriu, riu e gargalhou. Sim, eu permeio entre engenheiro, professor e palhaço, e até acredito que haja uma conexão entre esses três... Este trabalho, definitivamente não teria saído da mesma forma se não fosse por você, Santa Aline! Muito obrigado por iluminar os meus dias mais sombrios com essa luzinha chamada amizade verdadeira. Viemos eternizando e eternizaremos ainda mais, afinal você irá me aguentar por muitas vidas ainda!

Agradeço ao Luciano, meu amigo, nego, por me compreender pelo olhar. Nós nos entendemos, nos apoiamos e vivemos a mesma causa. Acredito em almas gêmeas, e se não pudemos ser gêmeos físicos, apesar de acreditarmos, somos gêmeos de alma. Obrigado por pesar e misturar pra mim (risos). Tenho muito orgulho de ser seu amigo. Thuiza, obrigado pela loucura. Mas a loucura extrema mesmo. O meu lado viver intensamente é sempre alimentado pela sua presença. Você me deu duas jóias preciosas que aprendi a amar como se fossem meus: Ana Clara e Marcos Filho. À Roberta, minha amiga do coração, arquiteta nas horas vagas e parceira de gargalhadas em tempo integral! Vocês sempre tiveram o toque mágico de florescer em mim o bom humor.

À Tati, ao Riba, Zeca e Laika, obrigado por fazerem dos meus dias uma delícia cremosa! É maravilhoso estar e ser com vocês! Obrigado pelo incentivo constante, pelo carinho, pelas inúmeras risadas que caracterizam os nossos encontros e por esse imenso amor que existe entre nós. Adoro o “passa a mão no meu corpinho”!! À minha Kauzinha, obrigado por acreditar tanto em mim, por depositar confiança, carinho e amor à nossa amizade. Obrigado por me ensinar que até a seriedade pode vir travestida de insanidade, ou vice-versa... Ao meu amigo Diógenes, obrigado por acreditar tanto em mim, inclusive quando nem eu mesmo acreditava. Meu amor e carinho por você transcendem as distâncias. Amo a todos

vocês meus amigos! Esses momentos com todos vocês sempre tenho o cuidado de arquivá-los no lugar mais especial do meu coração, pois para mim são sempre eternos.

Dentro dessa jornada, impossível não agradecer às pessoas que por intermédio dos meus amigos, entraram na minha vida e acrescentaram um tijolinho na construção de mais este título. Obrigado de coração à Ednair por ser sempre essa luz. Dinoca, você não tem noção de quantas vezes iluminou a vida das pessoas, e de quantas vezes iluminou o meu coração. Obrigado à Dona Maria, mãe do Sérgio. A senhora me deu o meu mundo inteiro. Obrigado à Ludmilla e ao Fábio, pela amizade e por me darem a Eloísa, minha mais nova preciosidade, minha afilhada do coração. Padrinho já ama demais da conta! Lud prepara o bolso que em breve farei o doutorado... Rosimeire por abrir as portas da casa e do coração, pelos almoços e jantas e pelo melhor doce de banana que já provei. À Zélia por me alimentar tão bem. Às gatinhas Dani e Ana Clara, titio adorou estar com vocês. Uélen meu amor, obrigado pela força e amizade!

Aos meus amigos do mestrado: Célia, Suzane, Vitória, Talita, Jean, Dayana, Gil, Webber, Camila Moura, Fernanda Fiorda e toda a turma, obrigado pelo carinho, por atender aos meus pedidos de socorro e por me empurrarem quando minha vontade era parar. Nós conseguimos, nós merecemos! Aos amigos da UFG, Ana Paula, Deivis, professora Clarissa, professora Adriana, professora Divina (Divinão), professora Maria Raquel Hidalgo e Camila do laboratório de microbiologia da FANUT/UFG o meu imenso obrigado por toda a ajuda desinteressada e por me estenderem a mão, me auxiliando em tudo que precisei.

Jamais poderia me esquecer de agradecer à instituição SENAI – VILA CANAÃ por receber não somente a mim, mas à pesquisa. Essa parceria profissional só eleva ainda mais o nome deste centro de ensino. Não tenho palavras para agradecer à Christiane Starling, coordenadora de Alimentos do Senai-GO. Obrigado por intermediar esse contato e me receber de portas abertas. Sua ajuda, profissionalismo, conselhos e amizade foram imprescindíveis para a realização desse trabalho. À Elaine, técnica responsável dos laboratórios de alimentos do Senai, obrigado por tudo! Sem a sua ajuda nada teria sido possível. Obrigado por doar um pouco, e às vezes quase todo o seu tempo para me ajudar, me ensinar, me ouvir e me dar broncas. Valeu a pena cada segundo! À Marina marinex, extremamente agradecido pela ajuda e por injetar alegria nos momentos em que meu sorriso ameaçava desmoronar. Ao aluno e amigo Adércio, por acreditar em mim, pelos incentivos e pela imensa ajuda, meu eterno agradecimento. Às minhas meninas: Vilmara, Joema, Karolline, Ludmila, Flávia Isabel, Flávia Araújo e Fernanda: muito obrigado pela força, pelos conselhos, pela ajuda braçal e pela

amizade! Receberam-me com tanto carinho que me sinto um integrante honorário da equipe!

E finalmente, meu grande agradecimento aos pais desse projeto, meus orientadores Márcio e Manoel. Ganhei uma amizade. Como os atormentei. E como rimos juntos. Houve uma troca de energia maravilhosa desde o primeiro momento que os conheci. O famoso Márcio Caliari, que não pude ter como professor na graduação, mas tive o privilégio de ter como orientador no mestrado, o meu muito obrigado pela paciência, pela calma diante das tempestades e por acreditar em mim. Obrigado por cada momento. Cada segundo foi valioso, e levarei o aprendizado para toda a vida. Meu carinho e respeito sempre!

## RESUMO

O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito combinado da farinha pré-gelatinizada de arroz, leite e açúcar nas características texturais e de cor de sobremesas instantâneas preparadas sem aplicação de calor, além de caracterizar a sobremesa com maior desejabilidade textural e de luminosidade quanto à composição centesimal e aceitação sensorial. Os grãos de arroz quebrados foram analisados quanto às propriedades físicas e composição centesimal. Posteriormente, foram extrusados e moídos, obtendo-se a farinha pré-gelatinizada de arroz, que também foi analisada quanto às propriedades físicas e composição centesimal. Utilizando-se esta farinha pré-gelatinizada, leite, açúcar, goma e sabor artificial de chocolate branco, produziram-se sete formulações com duas repetições no ponto central (delineamento de misturas). Realizou-se a análise de cor em colorímetro e traçou-se o perfil textural (TPA) destas formulações em texturômetro TA.XT (*Express Enhanced*), avaliando-se os atributos de dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade. A partir dos valores encontrados realizou-se uma otimização através da ferramenta da desejabilidade, de forma que fosse definida uma formulação ideal tendo como parâmetro um produto comercial. Após obtenção da formulação com maior desejabilidade, realizaram-se análises de composição centesimal, físicas, de textura, microbiológicas e sensorial. Os resultados de cor, textura, índice de absorção e solubilidade em água e composição centesimal foram submetidos à análise de variância e teste para comparação de médias (Tukey  $p < 0,05$ ). Comparados com o produto comercial e quanto à composição centesimal, as farinhas diferiram entre si significativamente devido às mudanças decorrentes do processo de extrusão, exceto o teor de cinzas. A farinha pré-gelatinizada de arroz apresentou teores de umidade iguais a  $[8,99 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}]$ , cinzas  $[0,32 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}]$ , proteínas  $[5,84 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}]$ , lipídios totais  $[0,38 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}]$  e carboidratos  $[84,47 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}]$  e propriedades tecnológicas desejáveis para utilização na formulação de sobremesa instantânea como IAA de  $7,48\text{g}$  de gel.(g de matéria seca)<sup>-1</sup>, ISA de 24,89%. Com auxílio da função desejabilidade e com a escolha das condições mais propícias das variáveis dependentes obteve-se a formulação mais adequada para a sobremesa pretendida, com proporção 45:25:28 (farinha pré-gelatinizada de arroz, leite e açúcar). Esta sobremesa apresentou teor de umidade  $[5,38 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}]$ , cinzas  $[1,63 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}]$ , proteínas  $[9,59 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}]$ , lipídios totais  $[6,25 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}]$  e carboidratos  $[77,15 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}]$ . A análise microbiológica resultou de acordo com os padrões, com ausência de *Salmonella sp* e contagem dos demais micro-organismos como coliformes, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus coagulase positiva* e bolores e leveduras dentro dos limites permitidos pela legislação. A sobremesa selecionada foi considerada aceita, obtendo score de 7,5 para o atributo sabor, o escore 8 para os atributos textura e avaliação global e 38% de intenção de compra. Verificou-se que é possível a obtenção de farinha pré-gelatinizada a partir de grãos quebrados de arroz, como parte do reaproveitamento de um subproduto da indústria arroseira, bem como sua utilização na produção de uma sobremesa com características instantâneas, de textura aceitável e aceitação pelos consumidores.

Palavras-chave: *Oryza sativa L.*, amido modificado, extrusão, delineamento de misturas, desenvolvimento de produtos, aceitabilidade.

# PRE-GELATINIZED RICE FLOUR IN THE FORMULATION OF INSTANTANEOUS DESSERT

## ABSTRACT

The work aimed to evaluate the combined effect of pre-gelatinized rice flour, milk and sugar on textural and color characteristics of instantaneous desserts prepared without the application of heat, in addition to characterize the centesimal composition and sensory evaluation of the dessert with greater desirability about texture and brightness. The broken rice grains were analyzed for their physical properties and centesimal composition. Afterwards, these grains were extruded and milled, obtaining the pre-gelatinized rice flour, which were analysed for physical properties and centesimal composition. Using this pre-gelatinized flour, milk, sugar, guar gum and white chocolate artificial flavor, seven formulations were produced with two replications at the central point (mixture design). Color analysis was performed on colorimeter and the textural profile (TPA) of these formulations were traced out on texturometer TA.XT(*Express Enhanced*), evaluating the attributes of hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness. From the values found, an optimization was carried out by a desirability tool, so that an optimal formulation was defined having a commercial product as a parameter. After obtaining the greater desirability formulation, were carried out analysis of centesimal composition, physical parameters, texture, microbiological parameters and sensory evaluation. Some of these results (color, texture, water absorption and solubility index and centesimal composition) were submitted to variance analysis and Tukey's test (Tukey  $p < 0,05$ ). Compared with the commercial product and as to the centesimal composition, the flours differed significantly due to changes resulting from the extrusion process, except the ash content. The pre-gelatinized rice flour presented [8,99 g.100g<sup>-1</sup>] of moisture, [0,32 g.100g<sup>-1</sup>] of ash, [5,84 g.100g<sup>-1</sup>] of protein, [0,38 g.100g<sup>-1</sup>] of total lipids and [84,47 g.100g<sup>-1</sup>] of carbohydrates and brought out desirable technological properties used in the formulation of instantaneous dessert with WAI of 7,48g of gel (g of dry matter)<sup>-1</sup> and WSA of 24,89%. With the aid of the desirability function and the choice of more favorable conditions of the dependent variables were obtained the most appropriate formulation to the desired dessert, with the proportion 45:25:28 (pre-gelatinized rice flour:milk:sugar). This dessert showed [5,38 g.100g<sup>-1</sup>] of moisture, [1,63 g.100g<sup>-1</sup>] of ash, [9,59 g.100g<sup>-1</sup>] of protein, [6,25 g.100g<sup>-1</sup>] of total lipids and [77,15 g.100g<sup>-1</sup>] of carbohydrates. The microbiological analysis was in agreement with the standards of criteria, with absence of *Salmonella sp* and other microorganisms like coliforms in, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus*, molds and yeasts are within the limits allowed by legislation. The dessert selected was considered accepted, getting a 7,5 score for the flavor attribute, a score of 8,0 for attributes of texture and overall evaluation, and 38% of purchase intention. It was found that it is possible to obtain pre-gelatinized flour from broken rice grains as part of the reuse of a byproduct of rice industry as well as their use in the production of a dessert with instantaneous characteristics, acceptable texture and acceptance by consumers.

Keywords: *Oryza sativa L.*, modified starch, extrusion, mixture design, product development, acceptability.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
G	Gramas
N	Newton
Mm	Milímetros
Kcal	Kilocalorias
$\Delta E$	Diferença de cor
C	Croma
Ns	Newton-segundo
°C	Graus Celsius
CIE	<i>Comission Internationale de L'Eclairage</i>
UFC	Unidade formadora de colônias
FAPG	Farinha de arroz pré-gelatinizada
GQA	Grãos quebrados de arroz
IAA	Índice de absorção em água
ISA	Índice de solubilidade em água
DUR	Dureza
ADE	Adesividade
ELA	Elasticidade
MAS	Mastigabilidade
GOM	Gomosidade
COE	Coesividade
FA	Falta de ajuste
$R^2$	Coefficiente de determinação
TPA	<i>Texture profile analysis</i>
MSR	Metodologia de superfície de resposta
VE	Volume específico
IE	Índice de expansão

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1</b>	Índice de absorção de água.....	40
<b>Equação 2</b>	Índice de solubilidade em água.....	40
<b>Equação 3</b>	Quantidade de água a ser adicionada nas amostras.....	42
<b>Equação 4</b>	Volume específico.....	42
<b>Equação 5</b>	Cálculo dos pseudocomponentes.....	44
<b>Equação 6</b>	Pseudocomponentes da farinha pré-gelatinizada (amido).....	45
<b>Equação 7</b>	Pseudocomponentes do leite.....	45
<b>Equação 8</b>	Pseudocomponentes do açúcar.....	45
<b>Equação 9</b>	Equação do modelo linear.....	47
<b>Equação 10</b>	Equação do modelo quadrático.....	47

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Fluxograma do beneficiamento do arroz contendo seus produtos e subprodutos.....	22
<b>Figura 2.</b>	Representação esquemática de uma extrusora.....	26
<b>Figura 3.</b>	Representação esquemática das estruturas de amido de trigo, batata, milho, mandioca e arroz.....	29
<b>Figura 4.</b>	Visão geral de um gráfico de mistura de 3 componentes A, B e C, e sua mesma representação em linhas de grade.....	34
<b>Figura 5.</b>	Etapas da pesquisa acompanhadas das análises realizadas, marcadas com números sobrescritos.....	38
<b>Figura 6.</b>	Extrusora (Imbramaq, PQ30, Ribeirão Preto, Brasil) utilizada para produção da farinha pré-gelatinizada de arroz.....	41
<b>Figura 7.</b>	Dureza das sobremesas instantâneas experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	61
<b>Figura 8.</b>	Gomosidade das sobremesas instantâneas experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	63
<b>Figura 9.</b>	Mastigabilidade das sobremesas instantâneas experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	66
<b>Figura 10.</b>	Adesividade das sobremesas instantâneas experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.....	67
<b>Figura 11.</b>	Luminosidade (A) e croma b* (B) em função das proporções de farinha pré-gelatinizada de arroz, leite e açúcar, em pseudocomponentes. A área demarcada entre os pontos experimentais demonstra a área do gráfico analisada.....	72
<b>Figura 12.</b>	Perfil para valores preditos e desejabilidade.....	77
<b>Figura 13.</b>	Formulação final para a mistura em pó para sobremesa instantânea sabor chocolate branco.....	78
<b>Figura 14.</b>	Gráficos do perfil de textura instrumental da sobremesa final com valores variando acima e abaixo do ponto experimental de maior desejabilidade....	79
<b>Figura 15.</b>	Frequência relativa para o teste de aceitação da sobremesa instantânea referente aos parâmetros sabor (a), textura (b) e avaliação global (c).....	84
<b>Figura 16</b>	Intenção de compra para a sobremesa instantânea.....	85

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Comparativo de área, produtividade e produção de arroz (safras 2010/2011 e 2011/2012).....	19
<b>Tabela 2.</b>	Composição do grão de arroz integral, polido e parboilizado (em 100 g).....	21
<b>Tabela 3.</b>	Faixas de proporções estabelecidas para a farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG), leite em pó e açúcar para o planejamento de misturas para a otimização de sobremesa instantânea.....	44
<b>Tabela 4.</b>	Pseudocomponentes e proporções dos ingredientes na mistura ternária, através de planejamento estatístico, sendo que $X_1+X_2+X_3=1$ ou 100%.....	46
<b>Tabela 5.</b>	Concentrações reais dos ingredientes nas formulações testadas.....	46
<b>Tabela 6.</b>	Composição centesimal aproximada ( $g.100g^{-1}$ ) dos grãos quebrados de arroz (GQA) e farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG), em base úmida...	50
<b>Tabela 7</b>	Parâmetros instrumentais de cor ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ), índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) dos grãos quebrados de arroz (GQA) e da farinha pré-gelatinizada (FAPG).....	53
<b>Tabela 8</b>	Comparativo de valores de índice de absorção de água (IAA) e de índice de solubilidade em água (ISA) para grãos quebrados de arroz (GQA) e farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG), obtidos por diferentes autores....	55
<b>Tabela 9</b>	Percentual de amostra retida nas peneiras durante a distribuição granulométrica dos grãos quebrados de arroz (GQA) e da farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG).....	56
<b>Tabela 10</b>	Ingredientes em pseudocomponentes e proporções, e média e desvio padrão dos valores de dureza (DUR), adesividade (ADE), elasticidade (ELA), mastigabilidade (MAS), gomosidade (GOM) e coesividade (COE) obtidos através de análise de perfil de textura para as formulações codificadas de farinha pré-gelatinizada de arroz ( $x_1$ ), leite ( $x_2$ ) e açúcar ( $x_3$ ).....	59
<b>Tabela 11</b>	Modelos polinomiais ajustados, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para dureza, elasticidade, gomosidade, mastigabilidade, adesividade e coesividade das sobremesas instantâneas em função dos pseudocomponentes de farinha pré-gelatinizada de arroz ( $x_1$ ), leite ( $x_2$ ) e açúcar ( $x_3$ ).....	60
<b>Tabela 12</b>	Valores instrumentais de cor para os parâmetros $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ referentes às nove formulações do delineamento experimental.....	70
<b>Tabela 13</b>	Modelos polinomiais ajustados, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) para os parâmetros de cor $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ das sobremesas instantâneas em função dos níveis de farinha pré-gelatinizada de arroz ( $x_1$ ), leite ( $x_2$ ) e açúcar ( $x_3$ ).....	71
<b>Tabela 14</b>	Perfil textural da sobremesa comercial padrão utilizada como parâmetro no teste de desejabilidade.....	78
<b>Tabela 15</b>	Resultados de textura encontrados e esperados da formulação para sobremesa instantânea pronta, de acordo com modelos preditos.....	80
<b>Tabela 16</b>	Composição centesimal aproximada ( $g.100g^{-1}$ ) da mistura em pó para sobremesa instantânea.....	81
<b>Tabela 17</b>	Resultados das análises microbiológicas para a mistura em pó para a sobremesa instantânea formulada com farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG), leite em pó, açúcar, goma guar e saborizador (chocolate branco)..	83

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
2.1	ARROZ.....	18
2.2	VALOR NUTRICIONAL DO ARROZ.....	20
2.3	BENEFICIAMENTO DO ARROZ.....	22
<b>2.3.1</b>	<b>Arroz quebrado</b> .....	23
<b>2.3.2</b>	<b>Farinha de arroz</b> .....	24
2.4	EXTRUSÃO.....	25
2.5	SOBREMESAS INSTANTÂNEAS.....	28
2.6	AMIDO E OUTROS HIDROCOLÓIDES.....	29
2.7	ANÁLISE INSTRUMENTAL DE TEXTURA.....	31
2.8	DELINEAMENTO DE MISTURAS.....	32
2.9	TESTE DE DESEJABILIDADE.....	34
2.10	ANÁLISE SENSORIAL.....	35
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	37
3.1	OBJETIVO GERAL.....	37
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	38
4.1	MATERIAL.....	38
4.2	MÉTODOS.....	38
<b>4.2.1</b>	<b>Caracterizações físicas e químicas dos grãos quebrados de arroz</b> .....	39
<b>4.2.2</b>	<b>Produção da farinha de arroz pré-gelatinizada</b> .....	41
<b>4.2.3</b>	<b>Caracterização da farinha pré-gelatinizada de arroz (FAPG)</b> .....	43
<b>4.2.4</b>	<b>Produção da sobremesa instantânea</b> .....	43
<b>4.2.5</b>	<b>Caracterização das sobremesas instantâneas</b> .....	45
4.2.5.1	Análise instrumental de textura.....	45
4.2.5.2	Análise instrumental de cor.....	47
4.2.5.3	Análise estatística.....	47
4.2.5.4	Validação do modelo.....	48
<b>4.2.6</b>	<b>Teste de desejabilidade</b> .....	48
<b>4.2.7</b>	<b>Caracterização da sobremesa instantânea com maior desejabilidade e comparação com um padrão comercial</b> .....	48
<b>4.2.8</b>	<b>Análise microbiológica da amostra de maior desejabilidade</b> .....	48
<b>4.2.9</b>	<b>Teste de aceitação da amostra de sobremesa instantânea de maior desejabilidade</b> .....	49
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	50
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS QUEBRADOS DE ARROZ E DA FARINHA PRÉ-GELATINIZADA.....	50
5.2	TEXTURA DAS SOBREMESAS INSTANTÂNEAS.....	58
5.3	COR DAS SOBREMESAS INSTANTÂNEAS.....	70
5.4	TESTE DE DESEJABILIDADE.....	76

5.5	VALIDAÇÃO DO MODELO.....	80
5.6	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA SOBREMESA DE MAIOR DESEJABILIDADE.....	81
5.7	CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA SOBREMESA INSTANTÂNEA DE MAIOR DESEJABILIDADE.....	82
5.8	ACEITAÇÃO DA SOBREMESA INSTANTÂNEA DE MAIOR DESEJABILIDADE.....	83
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>86</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>100</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz é um alimento que vem sendo consumido há séculos, nas regiões da Indonésia, Índia e China. No Brasil, seu plantio teve início por volta de 1540, ao longo do litoral brasileiro (BASSINELO; CASTRO, 2004). Esse cereal possui destaque entre os alimentos ricos em carboidratos, devido ao fato desse grão ser básico na alimentação da maioria da população mundial. O arroz é consumido preferencialmente na forma de grãos brancos polidos, obtidos por processo convencional de industrialização, sendo caracterizado pelo limitado conteúdo de fibra alimentar (HELBIG et al., 2007).

A previsão da safra brasileira de 2012 é de aproximadamente 11,5 milhões de toneladas, possuindo amplo destaque na participação da produção agrícola nacional (IBGE, 2012). Durante o processamento dos grãos de arroz são gerados subprodutos nas diversas etapas de beneficiamento: a casca, o farelo e os grãos quebrados. Estes resíduos quando aproveitados em outros processos e produtos, podem gerar lucro considerável para a empresa beneficiadora, minimizando-se o impacto ambiental. Entre esses subprodutos, os grãos quebrados representam 14% a 16% ao final do processo. Variações de umidade na colheita, má condução da secagem artificial e variações térmicas podem resultar na quebra destes grãos (LUZ et al., 2005; SMIDERLE; PEREIRA, 2008).

Um dos produtos que podem ser obtidos dos grãos quebrados é a farinha. Esta possui propriedades funcionais características em produtos e formulações que a utilizam. Porém, a farinha de arroz é pouco aproveitada, apesar de apresentar benefícios, tais como sabor pouco pronunciado que não interfere no sabor da maioria dos alimentos, aproveitamento tecnológico e características não alergênicas (DORS; CASTIGLIONE; AUGUSTO-RUIZ, 2006). Essas características não alergênicas são fundamentais para indivíduos portadores de intolerância ao glúten. Nos celíacos, o glúten danifica a mucosa superficial do intestino delgado, prejudicando a absorção de nutrientes. O tratamento é exclusivamente dietético, retirando da dieta alimentos que contenham o glúten. O arroz e seus derivados podem ser utilizados na obtenção de uma ampla gama de produtos alimentícios isentos de glúten (CASTRO et al., 2007; DEL CASTILLO; LESCANO; ARMADA, 2009).

Para a produção de alimentos livres de glúten, pode-se utilizar a farinha de arroz. Porém, esta possui limitações tecnológicas relacionadas ao amido nativo, e por isso têm sido utilizadas algumas tecnologias para modificação de parâmetros físicos, químicos e sensoriais, com o intuito de obterem-se características diferenciadas. A extrusão termoplástica tem sido

uma boa opção, pois este processo causa hidratação do amido e das proteínas, homogeneização, gelatinização do amido, liquefação de gorduras, desnaturação de proteínas e expansão do material processado, entre outros. O amido, ao ser pré-gelatinizado, sofre transformações químicas que causam intumescimento e ruptura dos grânulos, modificações das estruturas cristalinas que aumentam a solubilidade e a viscosidade em água fria (LUSTOSA et al., 2009; TAVARES, 2010; TROMBINI; LEONEL, 2010).

Os amidos modificados são produzidos com o objetivo de se obterem propriedades funcionais não encontradas na sua forma nativa, que atendam a aplicações específicas em diversos segmentos industriais, aumentando assim o seu valor agregado. Existem vantagens no uso de modificações físicas sobre as químicas, por exemplo, amidos modificados por processo físico não são limitados pela legislação quanto às quantidades utilizadas, pois são considerados ingredientes, uma vez que não são utilizados reagentes químicos que poderiam ser alergênicos na sua produção (ZAVAREZE et al., 2010).

Uma aplicação potencial para as farinhas de arroz pré-gelatinizadas é a produção de alimentos instantaneizados, muito divulgados nos últimos tempos. São alimentos em pó com a característica de serem facilmente miscíveis em água. A maioria dos alimentos instantâneos necessita de calor para atingir a textura desejada. Alguns exemplos são o leite em pó (integral e desnatado), alimentos destinados à alimentação infantil, os cafés solúveis, as sopas desidratadas instantâneas e as sobremesas, dentre elas as misturas prontas para pudim, flans, entre outras. A viabilidade da utilização dos amidos modificados nestas formulações tem despertado o interesse de pesquisadores, com o intuito de estudar a produção de alimentos com matérias-primas menos valorizadas e que forneçam características tecnológicas desejáveis (VISSOTO et al., 2006).

Assim, este trabalho justifica-se devido ao produto estudado ser desenvolvido a partir de um subproduto da indústria arroseira, com baixo nível de aproveitamento e valor econômico, na produção de uma sobremesa instantânea preparada a frio, com características semelhantes a uma sobremesa padrão já presente no mercado. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito combinado da farinha pré-gelatinizada de arroz, leite e açúcar nas características texturais e instrumentais de cor de sobremesas instantâneas preparadas sem aplicação de calor, além de caracterizar a sobremesa com maior desejabilidade em relação à composição centesimal e aceitação sensorial.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma planta monocotiledônea da família *Poaceae* que desdobra-se em duas subespécies, denominadas *communis* e *brevis*. A subespécie *brevis* compreende variedades de grãos muito curtos, cultivadas principalmente no Oriente. A subespécie *communis* compreende, por sua vez, dois grupos distintos: *Indica*, com grãos longos, e *Japonica*, com grãos curtos. O grupo *Indica* é mais disseminado na Ásia tropical, subtropicais e continente indiano, e é caracterizado por grãos longos e finos; o grupo *Japonica* permeia entre o sul da Ásia, regiões subtropicais temperadas e apresenta grãos curtos e redondos. Os genótipos de arroz irrigado cultivados no Brasil pertencem ao grupo *Indica*, sendo, na maioria dos casos, seleções locais de genótipos introduzidos dos programas do Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (IRRI), nas Filipinas, e do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, ou produto de cruzamentos entre esses mesmos genótipos. Os genótipos tradicionais de sequeiro do Brasil pertencem ao grupo *Japonica* tropical (SHARP, 1991; VIEIRA et al., 1999; FERREIRA et al., 2005).

Este cereal é mundialmente cultivado, constituindo um dos principais produtos da base alimentar humana, se destacando como fonte energética entre os demais grãos. No Brasil, o plantio do arroz foi introduzido em meados de 1540, espalhando-se posteriormente pelo litoral brasileiro, em especial no nordeste (SILVA et al., 2003; BASSINELO; CASTRO, 2004; DORS; CASTIGLIONI; RUIZ, 2006).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção de arroz esperada para 2012 é de 11,9 milhões de toneladas, 11,2% inferior à obtida em 2011 e 2,9% menor que o prognóstico anterior, devido aos novos números do Rio Grande do Sul. Neste estado, maior produtor, com 65,8% de participação na produção nacional, a produção esperada de 7,9 milhões de toneladas é 4,3% menor que a informada anteriormente e mostra uma retração de 12,1% relativamente à obtida em 2011. Essa nova avaliação amplia em 5,1% a tendência de queda na área plantada, agora avaliada em 1,1 milhão hectares, caindo 10,1% quando confrontada a de 2011. A lavoura de arroz vem crescendo em produtividade, com uma excelente qualidade devido ao uso de variedades pesquisadas focadas

no desempenho de cocção. As cultivares que produzem grãos do tipo longo fino são as preferidas pelos consumidores, direcionando a produção nacional para este segmento. Um comparativo de área, produtividade e produção de arroz pode ser observado na Tabela 1 (IBGE, 2012; CONAB, 2012).

**Tabela 1.** Comparativo de área, produtividade e produção de arroz (safras 2010/2011 e 2011/2012).

Região	Área		Produtividade		Produção	
	(em 1000 ha)		(em kg.ha <sup>-1</sup> )		(em 1000 t)	
	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
<b>Norte</b>	<b>358,7</b>	352,2	2.854	2.711	1.023,6	955,0
<b>Nordeste</b>	683,4	678,9	1.792	1.602	1.224,8	1.087,7
<b>Centro-Oeste</b>	356,0	226,2	3.132	2.996	1.115,1	677,7
<b>Sudeste</b>	60,7	56,0	2.611	2.773	158,5	155,3
<b>Sul</b>	1.361,5	1.239,7	7.412	6.926	10.091,1	8.586,4
<b>Norte/Nordeste</b>	1.042,1	1.031,1	2.158	1.981	2.248,4	2.042,7
<b>Centro-Sul</b>	1.778,2	1.521,9	6.391	6.189	11.364,7	9.419,4
<b>Brasil</b>	<b>2.820,3</b>	<b>2.553,0</b>	<b>4.827</b>	<b>4.990</b>	<b>13.613,1</b>	<b>11.462,1</b>

(1) Dados Preliminares: sujeitos a mudanças.

(2) Dados Estimados: sujeitos a mudanças.

Fonte: CONAB (2012).

A população brasileira mostra-se cada vez mais exigente quanto à qualidade do grão de arroz, tendo preferência por um produto de fácil cozimento e alto rendimento (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004). As características determinantes da qualidade do grão de arroz refletem-se diretamente no valor do produto no mercado e no grau de aceitação pelo consumidor. O termo qualidade de grãos depende da finalidade de consumo do produto, do grupo étnico envolvido, do tipo de processamento utilizado, entre outros fatores. Dessa forma, a definição de um arroz como sendo de boa ou má qualidade é grandemente influenciada pelas preferências e/ou necessidades do consumidor e, quando essas preferências diferem, o mesmo produto pode ser julgado como bom e adequado por um grupo e totalmente inadequado por outro (VIEIRA et al., 1999).

O arroz é um produto muito apreciado no Brasil, sendo consumido principalmente na forma de grãos inteiros, daí a quantidade de critérios em seu tratamento para um maior rendimento sem rompimento destes. Para tanto, o seu consumo pode ser subdividido em três tipos: arroz integral, arroz beneficiado polido e arroz parboilizado, sendo que a forma polida corresponde a 90% do consumo nacional (KENT, 1987; CASTRO et al., 1999).

O grão de arroz é composto por aproximadamente 20% de casca, 70% de endosperma e 10% de farelo e germe. O endosperma é formado por grânulos de amido, proteínas dentre outros constituintes, sendo subdividido em aleurona, subaleurona e amido. O integral, obtido após a retirada da casca, contém um alto teor de nutrientes (fibra alimentar, minerais e lipídios), porém possui baixa aceitabilidade devido à sua suscetibilidade à oxidação lipídica e tempo prolongado de cozimento, bem como aroma e sabor diferenciados. Já o arroz polido, como o próprio nome diz, passa por um processo de polimento através do atrito, que remove as camadas mais externas juntamente com seus nutrientes, sendo o mais consumido no Brasil (HOSENEY, 1991; VIEIRA et al., 1999; STORCK; SILVA; COMARELLA, 2005; SCUSSEL et al., 2008).

O arroz parboilizado é submetido ainda em casca, a um tratamento térmico que causa pré-gelatinização do amido, podendo posteriormente ser descascado e polido, ou mantido na forma integral. Este processo influencia a composição química e o valor nutricional, devido à migração de compostos da casca, que se reorganizam no grão, aumentando os teores de fibras, amido disponível e outros compostos presentes. A cor do grão se torna mais escurecida e amarelada. Mesmo sendo, no Brasil, o arroz polido mais consumido, tem havido procura crescente pelo “arroz marron” e outros produtos enriquecidos, por causa da sua reputação de excelência nutricional e apelo de alimento saudável. O arroz parboilizado é valorizado pela sua vida útil mais longa em comparação com arroz integral, por causa da inativação de enzimas. Os três tipos diferem em composição, apresentando valores nutricionais diferentes (CASTRO et al., 1999; HEINEMANN et al., 2005).

## 2.2 VALOR NUTRICIONAL DO ARROZ

A composição nutricional dos alimentos é fator importante para o planejamento de dietas balanceadas, uma vez que, conhecendo-se esses valores, podem-se alcançar diferentes resultados na nutrição humana. O arroz é o alimento básico na dieta de mais da metade da população mundial, e sabe-se que os diferentes processos aos quais esse grão é submetido

(polimento, parboilização ou apenas a retirada da casca) podem causar variações de importância nutricional (STORCK; SILVA; COMARELLA, 2005).

O alto valor nutricional ( Tabela 2) está diretamente ligado ao fato do arroz ser rico em proteínas, sais minerais (fosfato, ferro e cálcio) e vitaminas do complexo B. A proteína, de alta qualidade, contém oito aminoácidos essenciais ao homem e distribui-se por todo o grão, permeando o amido apresentando boa digestibilidade. Além disso, o arroz possui baixo teor de lipídeos e é altamente energético (BASSINELLO; CASTRO, 2004; SOARES JÚNIOR, et al., 2010), sendo o amido o responsável por essa energia.

**Tabela 2.** Composição do grão de arroz integral, polido e parboilizado (em 100 g).

Componente	Integral		Polido		Parboilizado Polido	
	Cru	Cozido	Cru	Cozido	Cru	Cozido
Água (g)	12,0	70,3	12,0	72,6	10,3	73,4
Proteína (g)	7,5	2,5	6,7	2,0	7,4	2,1
Gordura (g)	1,9	0,6	0,4	0,1	0,3	0,1
Carboidratos (g)	77,4	25,5	80,4	24,2	81,3	23,3
Fibra (g)	0,9	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1
Cinza (g)	1,2	1,1	0,5	1,1	0,7	1,1
Cálcio (mg)	32	12	24,0	10,0	60,0	19,0
Fósforo (mg)	221	73	94,0	28,0	200,0	57,0
Potássio (mg)	214	70	92,0	28,0	150,0	43,0
Tiamina (mg)	0,3	0,1	0,1	0,02	0,4	0,1
Riboflavina (mg)	0,1	0,02	0,03	0,01	-	-
Niacina (mg)	4,7	1,4	1,6	0,4	3,5	1,2

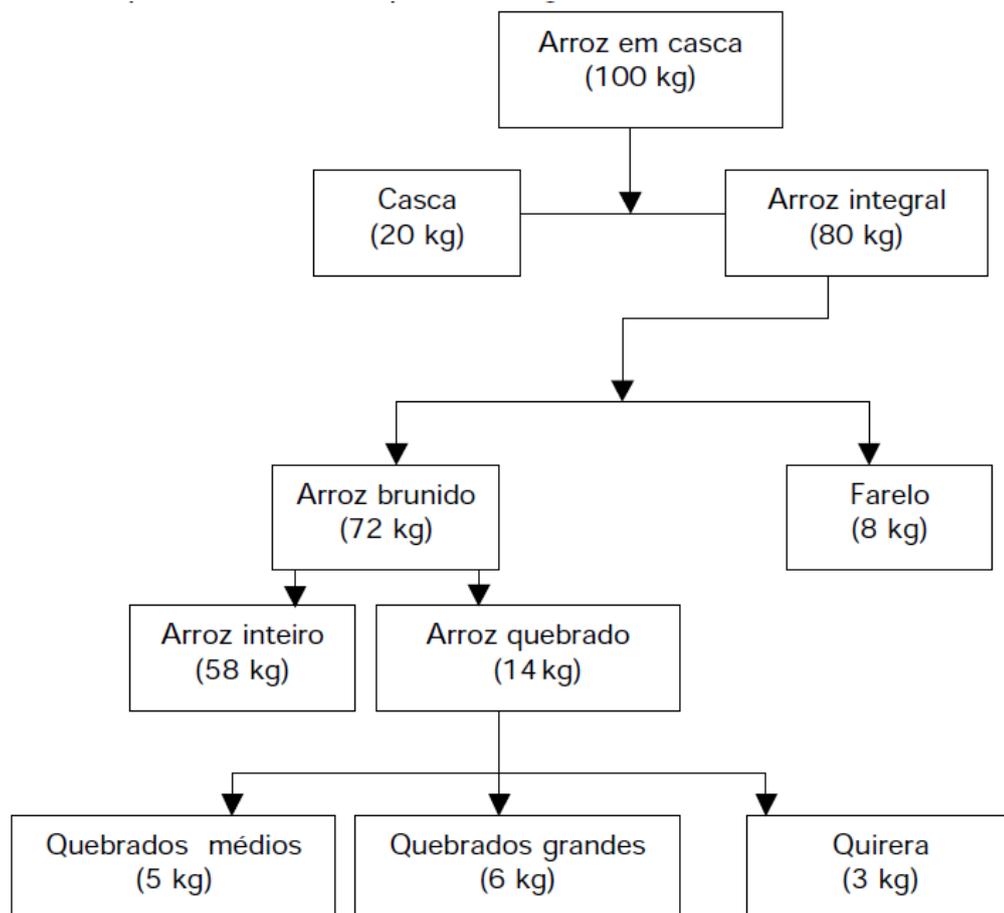
Fonte: CASTRO et al., 1999.

O amido é um polissacarídeo constituído por moléculas de glicose, cujas propriedades são determinadas pela relativa disposição destas na cadeia. Quando linear, compõem a amilose; quando ramificada, a amilopectina. O teor de amilose está correlacionado com as propriedades texturais, como maciez, coesão, cor, brilho e volume de expansão. A maciez do arroz cozido é inversamente proporcional ao teor de amilose, sendo que as cultivares com baixa amilose apresentam cozimento aguado e grãos muito macios e pegajosos. A absorção de água, expansão do volume e resistência do grão estão diretamente relacionadas com a

proporção amilose/amilopectina do amido, que normalmente ocorre nos cereais de 1:3, respectivamente. Assim, esta composição nutricional acaba tendo ligação direta com o tipo de beneficiamento e preparo a que o grão de arroz será submetido (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004; FERREIRA et al., 2005).

### 2.3 BENEFICIAMENTO DO ARROZ

As principais etapas do beneficiamento do arroz podem ser visualizadas na Figura 1. Primeiramente, tem-se o descascamento (no qual se extrai cerca de 20% em casca), depois a brunição e o polimento do arroz integral (em que são retirados, parcial ou totalmente, o embrião e a maior parte da película que recobre o grão). Dessa etapa, resulta o farelo (cerca de 8% da massa do produto em casca). Após, ocorre à etapa de separação das frações de grãos quebrados (14%) e inteiros (58%), bem como a classificação dos grãos quebrados em grandes, médios e quirera (CASTRO et al., 1999).



**Figura 1.** Fluxograma do beneficiamento do arroz contendo seus produtos e subprodutos.

Fonte: CASTRO et al., 1999.

A casca, o farelo e os grãos quebrados de arroz obtidos durante as etapas de beneficiamento possuem conteúdos variáveis e consideráveis de nutrientes, dentre eles as fibras, lipídios, proteína e carboidratos. Existem propostas de reaproveitamento destes subprodutos de forma que se alcance a geração de resíduo zero. A casca tem sido utilizada na geração de energia através da sua queima, resultando em cinza impura, que se devidamente utilizada fechará o ciclo da industrialização do arroz, visto que o farelo e os grãos quebrados já têm destinação no mercado (SAUNDERS, 1990; FOLETTO et al., 2005).

Para a indústria de beneficiamento do arroz, a quebra de grãos tem grande impacto econômico, especialmente devido a valorização de 80% do grão inteiro comparado ao quebrado. A quirera de arroz é empregada, habitualmente, na alimentação animal, porém, se obtida com boas práticas sanitárias de fabricação, poderia ser utilizada na alimentação humana, agregando valor a este subproduto (APOLÔNIO et al., 2003; VIEIRA, 2004).

### **2.3.1 Arroz quebrado**

Durante o beneficiamento do arroz há uma geração de 14% de grãos quebrados em média, sendo estes, fragmentos dos grãos que se rompem durante o processo. São decorrentes do efeito da aplicação de força mecânica externa aos grãos, que provoca sua divisão em pequenos pedaços. Podem ser ainda resultantes de grãos gessados, fissurados, portadores de pequenas trincas decorrentes de ação mecânica interna originada por condições externas não mecânicas durante o descasque (NABESHIMA; EL-DASH, 2004).

Em termos de beneficiamento e produção industrial, este fato é um problema econômico, tendo em vista que o valor da quirera representa aproximadamente a quinta parte daquele obtido na comercialização do grão inteiro. Porém, este subproduto contém a mesma composição centesimal média do grão inteiro, além de ser uma fonte rica em amido (SILVA; ASCHERI, 2009). Franck et al. (2011) reportaram que em uma empresa do interior do Rio Grande do Sul, que beneficiava cento e vinte e seis toneladas de arroz por dia, houve uma produção média de grãos quebrados de arroz de quinze toneladas por dia, sendo a tonelada vendida a R\$320,00, valor este três vezes menor que o do arroz polido.

O aproveitamento dos grãos quebrados de arroz é uma área ainda pouco explorada, sendo no Brasil habitualmente utilizado na alimentação animal. Entretanto, os grãos quebrados vêm sendo pouco a pouco utilizados na produção de diversos alimentos para humanos. Em alguns países orientais, são comercializadas bebidas à base de arroz e quirera,

conhecidos como extrato, “leite” ou bebida de arroz. Os grãos quebrados de arroz vêm se destacando na produção de farinha de arroz. A farinha ainda é um item pouco conhecido e quase inexistente no mercado, porém é utilizada para servir de ingrediente em cereais matinais, produtos hipoalergênicos, fórmulas infantis, alimentos com baixa caloria e fonte de amido. Portanto, a chave para o aumento do mercado de farinhas de arroz pode ocorrer com melhorias nas propriedades funcionais em produtos e formulações que a utilizam (BORTOLATO et al., 2003; JAEKEL; RODRIGUES; SILVA, 2010; SOARES JUNIOR et al., 2010).

### **2.3.2 Farinha de arroz**

A farinha de arroz é proveniente do aproveitamento de grãos quebrados resultantes do processo de beneficiamento do arroz. Esta, devido à fácil digestão, é utilizada no preparo de alguns alimentos como: sopas, alimentos instantâneos, macarrão, pão, produtos cárnicos, sobremesas, entre outros. Estudos têm sido realizados com o uso de modificações físicas e químicas em amidos e farinhas, buscando obter informações que elucidem as alterações produzidas, dando indicativos de possíveis aplicações desses produtos (DORS; CASTIGLIONI; AUGUSTO-RUIZ, 2006; NEVES et al., 2010).

A possibilidade do uso da farinha de arroz na produção de alimentos aumenta o valor agregado desta matéria-prima, considerada subproduto do beneficiamento, uma vez que os grãos quebrados são pouco utilizados na culinária. A farinha de arroz pode ser incorporada como espessante em produtos doces ou salgados, de cor e aromas variados. Pode também ser utilizada como agente separador de massas congeladas, devido a sua baixa capacidade de absorção de água. A baixa alergenicidade de suas proteínas permite sua utilização inclusive por pacientes celíacos, que apresentam intolerância ao glúten, ou seja, às proteínas do trigo, aveia, centeio e cevada (TEDRUS et al., 2001; NABESHIMA; EL-DASH, 2004).

O agente causador da doença celíaca, ou seja, intolerância ao glúten é a gliadina, que é um constituinte da proteína do glúten. A doença é caracterizada pelo efeito tóxico da gliadina sobre a mucosa do intestino delgado, resultando na destruição das vilosidades e consequente interferência na absorção dos nutrientes. Como consequência, há uma perda de peso, entre outros sintomas relacionados a deficiências de vitaminas e de minerais, principalmente de ferro, que é absorvido no intestino delgado (CANDIDO; CAMPOS, 1996; BODINSKI, 1999).

O menor diâmetro de partícula na farinha de arroz parece ter papel relevante na consistência dos produtos derivados. Essa consistência está provavelmente associada com o teor da amilose do amido do arroz, uma vez que a textura e corpo de um produto contendo amido de arroz desenvolvem-se após o resfriamento do amido gelatinizado. Outros fatores inerentes à matéria-prima tais como teor de umidade, proporção de amilose e amilopectina, conteúdo de proteína, lipídios e fibras, entre outros, também exercem grande influência no produto final, porém o tipo de amido é fundamental no comportamento da farinha (CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002; DORS; CASTIGLIONI; AUGUSTO-RUIZ, 2006).

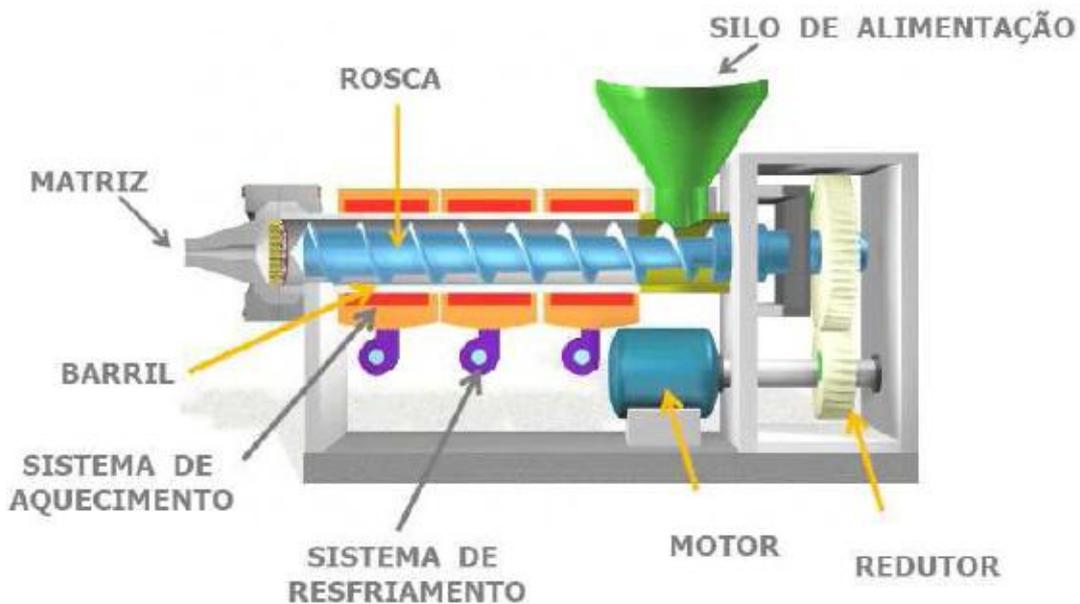
Existem processos para modificação de forma a compensar as desvantagens tecnológicas do amido nativo para determinados produtos: os químicos, como a fosfatação, e os físicos, através da temperatura, destacando-se a extrusão. No amido pré-gelatinizado ocorre rápida absorção de água, formando pasta a temperatura ambiente, composta por macromoléculas solubilizadas, incluindo partículas intumescidas pela água (BOBBIO; BOBBIO, 2001; SILVA, et al., 2008; SILVA; ASCHERI, 2009).

Farinhas e amidos pré-gelatinizados podem ser usados para obter espessamento ou retenção de água sem emprego do calor, por exemplo, em pudins, misturas lácteas instantâneas e alimentos para desjejum direcionados ou não aos portadores de doença celíaca, e no preparo de misturas prontas panificáveis, onde o aumento da absorção e retenção de água melhora a qualidade do produto. Esta pré-gelatinização pode ser obtida com a utilização de atomização, secagem em rolos ou extrusão. O amido natural é praticamente insolúvel em água fria, podendo absorver até 30% do seu peso, com pequeno aumento de volume dos grânulos. Este tipo de amido tem ação limitada em água fria dada às suas características físico-químicas, tais como insolubilidade, alteração da viscosidade e de características texturais devido a ciclos de resfriamento ou congelamento e tendência à retrogradação (MAHMOUD, et al., 2000; CLERICI; EL-DASH, 2008). Entretanto, quando aquecido, a capacidade de absorção de água dos grânulos de amido aumenta consideravelmente, fazendo com que a viscosidade aumente até o máximo para depois decrescer.

## 2.4 EXTRUSÃO

A extrusão configura-se em um processo completo e contínuo que utiliza alta temperatura por curto tempo. Combina transporte, mistura, fusão, cocção e moldagem,

processos estes que ocorrem durante a passagem pela alimentação, parafuso ou rosa, cilindro encamisado ou canhão, matriz e mecanismo de corte do extrusor (Figura 2). Trabalha diversificando o alimento partindo de ingredientes básicos para produtos de forma e textura diferenciados. É um processo versátil quanto ao tipo de alimento produzido, apenas se mudando as condições de operação e os ingredientes utilizados, sendo muitas vezes único em sua utilização (KADAN, PEPPERMAN, 2002; ORDOÑEZ, 2005).



**Figura 2.** Representação esquemática de uma extrusora.

Fonte: Batista (2010).

A extrusão é utilizada na produção de salgadinhos de milho expandidos (*snacks*), outros cereais expandidos, amidos modificados, macarrão, farinhas pré-gelatinizadas, comidas para bebê, entre outros alimentos. A qualidade do produto depende das condições do processo bem como suas variáveis. Esta qualidade pode modificar-se dependendo do tipo de extrusora, configuração e velocidade da rosca, composição do material a ser extrusado, sua umidade, taxa de alimentação e perfil de temperatura utilizado. O tamanho da partícula também tem elevada influência, visto que variações na granulometria geram produtos com texturas diferentes (BRYANT et al., 2001; GUJRAL; SINGH; SINGH, 2001; DING et al., 2005).

A extrusão provoca alterações consideráveis no alimento, incluindo hidratação de amidos e proteínas, homogeneização, gelatinização, cisalhamento, mudanças estruturais em gorduras, desnaturações protéicas, plastificação e expansão da estrutura do alimento, formação de complexos entre amilose e lipídios e degradação de vitaminas e alguns

pigmentos. O tipo de matéria-prima irá influenciar diretamente na textura e cor do produto final. Materiais amiláceos, como o arroz, têm elevado teor de amido e, quando extrusados, sofrem profundas transformações físico-químicas, desordenação molecular e perda de cristalinidade em função das variáveis combinadas do processo. Este cereal tem se tornado um atrativo para as indústrias que trabalham com extrusão devido a atributos únicos, tais como sabor suave, coloração clara e facilidade de digestão (KADAN, BRYANT, PEPPERMAN, 2003; DING et al., 2005; ASCHERI et al., 2006; FELLOWS, 2006).

À medida que o grau de cocção da farinha extrusada aumenta, há uma diminuição do conteúdo de amilose, indicando que a estrutura do amido fica mais suscetível às modificações causadas por este processo, com maior destruição da sua estrutura granular. Isto reflete nos valores de solubilidade em água e características amilográficas, em especial a consistência a frio e a tendência a retrogradação. Estas propriedades estão inversamente relacionadas, sendo bons indicadores do grau de cocção, ou seja, maiores valores de solubilidade e menores de retrogradação correspondem a maiores graus de cocção (SANCHEZ et al., 2008).

A obtenção de farinhas pré-gelatinizadas de arroz por extrusão pode ampliar o uso desse cereal em diferentes produtos alimentícios. O processo de extrusão na obtenção de produtos de arroz pode ser conduzido utilizando muitas variáveis de processamento e extrusores tipo monorosca ou dupla rosca. Porém, a literatura relata que a temperatura de extrusão e umidade inicial na matéria-prima, são as variáveis com maior efeito na gelatinização do amido (AUGUSTO-RUIZ et al., 2003; CLERICI; EL-DASH, 2008).

Dependendo do parâmetro de temperatura utilizado, o tratamento térmico pode destruir a estrutura cristalina do amido, de tal forma que, no ciclo de aquecimento, o viscoamilograma apresente valores muito baixos de viscosidade. Porém, se não há tanta severidade, determinada concentração de amido pode conservar parte da estrutura amilácea, mantendo valores relativamente altos de viscosidade de pasta, devido ao maior número de grânulos em condição de intumescimento. O aumento de solubilidade assim como da viscosidade do material é a base para a elaboração de alimentos instantâneos, como os preparados em pó para sopas, bebidas e sobremesas. Sendo assim, após a cocção por extrusão, as farinhas de alguns cereais e leguminosas são comercializadas como alimentos instantâneos (CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002; SILVA et al., 2010).

## 2.5 SOBREMESAS INSTANTÂNEAS

As sobremesas lácteas vêm apresentando importante crescimento no mercado. Ingredientes inovadores e sistemas tecnológicos aplicados nas fábricas de laticínios têm proporcionado novas alternativas para um formato mais caseiro, permitindo a produção de sobremesas com novos sabores, maior digestibilidade e valor nutritivo (NUNES et al., 1998).

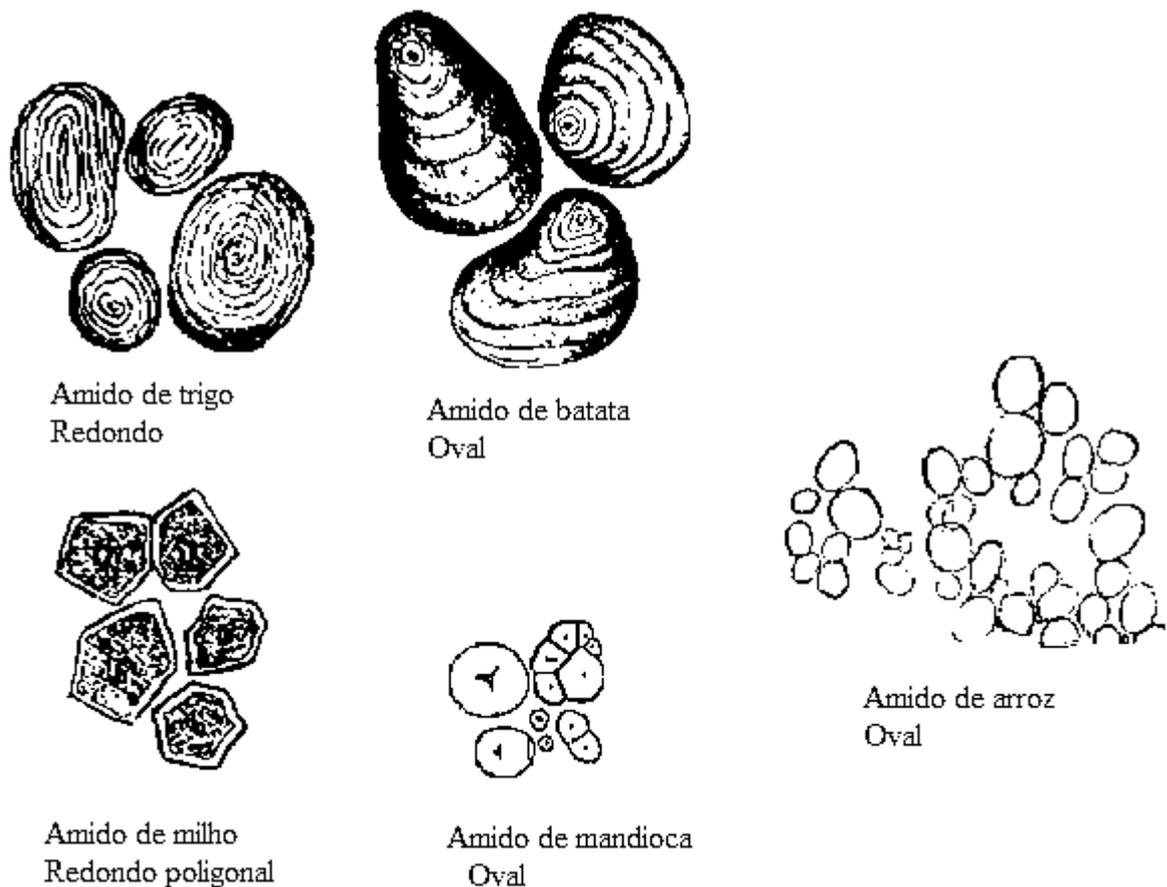
As do tipo semi-sólidas, de diferentes sabores, têm características sensoriais e nutricionais que favorecem seu consumo por diferentes grupos, de crianças a idosos. Basicamente, são formuladas com leite, espessantes (amidos, gomas), açúcar, aromas e corantes. Variações nas características desses ingredientes (conteúdo de gordura do leite, tipo e concentração do amido, da goma, tipos de aroma e corante), forma de apresentação (líquido, concentrado, em pó) e as reações entre eles irão produzir diferenças notáveis nas propriedades físicas e sensoriais (dureza, mastigabilidade, cremosidade) dos produtos formulados, podendo influenciar na sua aceitação (VERBEKEN et al., 2006; TARREGA; COSTELL, 2007).

Esta cremosidade é um termo utilizado pelos consumidores para descrever aparência, sabor ou textura desses produtos. É tida como uma propriedade textural com várias definições ligadas à sensação provocada em toda a região bucal. Essa percepção geralmente pode ser afetada pelo teor de gordura que, como outros ingredientes, causa mudanças na viscosidade, influenciando diretamente na aceitabilidade desse tipo de sobremesa. O modo de preparo também é um fator importante e está diretamente ligado ao modo como este produto está sendo disponibilizado, seja na forma líquida ou instantaneizada (ELMORE et al., 1999).

Um produto instantâneo geralmente se apresenta como uma mistura em pó, e é caracterizado por ser de rápido preparo quando imerso em um líquido (água ou leite). Estes se destacam por sua versatilidade no manuseio, armazenamento, processo de fabricação, estabilidade química e microbiológica, entre outras. Alguns exemplos desta classe de alimentos são os leites (integral e desnatado), os alimentos destinados a crianças em fase de aleitamento, as bebidas à base de cacau, os suplementos protéicos, as pré-misturas para panificação, algumas leveduras, enzimas e aromas, as sopas desidratadas instantâneas, entre outros. Desta forma, o termo “instantâneo” também pode ser empregado para descrever os alimentos em pó que são facilmente miscíveis em água fria. Não só esta característica se destaca, mas também outras ligadas às propriedades reológicas do produto, que dependem do tipo de insumo utilizado, presença de amido, entre outros (SCHUBERT, 1993; PEÑA, 2003; VISSOTTO et al., 2006; SILVA et al., 2010).

## 2.6 AMIDO E OUTROS HIDROCOLÓIDES

O amido é o mais abundante carboidrato de reserva das plantas, sendo também uma importante fonte energética para a alimentação humana. São constituídos por dois polissacarídeos diferentes: a amilose, de estrutura linear, e a amilopectina de estrutura ramificada (ORDOÑEZ, 2005). O amido varia de forma e tamanho, conforme a fonte, como pode ser visto na figura 3.



**Figura 3.** Representação esquemática das estruturas de amido de trigo, batata, milho, mandioca e arroz.

Fonte: Hoover (2001).

A utilização do amido nas indústrias alimentícias ocorre principalmente pelo seu efeito espessante e/ou geleificante. Seus grânulos podem ser gelatinizados mediante o aquecimento de suspensão amido-água. Durante esse fenômeno ocorre a ruptura das estruturas cristalinas desses grânulos, que absorvem água e intumescem irreversivelmente, adquirindo tamanho maior que o original. Após a gelatinização do amido, quando a temperatura é reduzida à

temperatura ambiente, ocorre o rearranjo das moléculas por ligações de hidrogênio, fator que favorece a recristalização ou retrogradação do amido (PARKER; RING, 2001; HELBIG et al., 2007; LIMBERGER, 2008).

A utilização de amido nativo em alimentos é limitada por suas características físico-químicas. Seus grânulos são normalmente insolúveis em água, requerendo cozimento para ativar essa dispersão. Outras vezes, este amido nativo sofre uma tendência de perder viscosidade e espessamento no resfriamento, dependendo do tipo de alimento a ser produzido (SITOHY et al., 2000).

Novos produtos têm sido desenvolvidos utilizando amidos com propriedades específicas, necessários para conceder atributos desejáveis e funcionais. Amidos pré-gelatinizados têm importante papel em alimentos instantâneos, e recentemente eles têm sido produzidos principalmente através do processo de extrusão devido às vantagens que este processo oferece. A pré-gelatinização ocorre na fração da amilose, favorecendo a repolimerização e criando estrutura com funções similares às do glúten. A inserção de outros insumos, tais como os hidrocolóides, que confirmam além de outras características, corpo em uma mistura com este tipo de amido, também favorecem a criação dessa estrutura (PAGANI; RESMINI; DALBON, 1981; ALVES et al., 1999).

As gomas, também chamadas de hidrocolóides, são aditivos alimentares que têm função de espessar, estabilizar, encorpar, melhorar a palatabilidade, aumentar a retenção de umidade, conferir viscosidade, elasticidade e dar a textura desejada ao alimento produzido.

A viscosidade de uma solução de amido pode ser fortemente aumentada em presença de polissacarídeos hidrossolúveis, tais como os hidrocolóides. Alguns hidrocolóides têm sido estudados em produtos à base de amido visando a associação de propriedades. A incorporação de gomas em suspensões de amido pode melhorar a estabilidade, modificar as propriedades reológicas, facilitar o processamento, reduzir custos e controlar a umidade do produto final. As propriedades reológicas do amido podem variar de acordo com diversos fatores como a fonte botânica, a concentração utilizada e a presença dessas e outras substâncias no meio, tais como açúcares mais simples, proteínas e gorduras (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004; CHAISAWANG; SUPHANTHARIKA, 2005; DEL BEM; POLES; SARMENTO 2011).

Alguns exemplos de gomas que são frequentemente empregadas na produção de alimentos são: carragena, xantana, litesse, guar, jataí e derivados de celulose (MARUYAMA et al., 2006).

A goma guar é uma galactomanana formada por cadeias lineares de unidades de D-

manopiranosil ligadas entre si por ligações  $\beta(1\rightarrow4)$  e unidades de D-galactopiranosil, ligadas entre si por ligações  $\alpha(1\rightarrow6)$ . É uma goma de alto peso molecular, solúvel tanto em água quente quanto fria, estável ao calor devido à presença de resíduos de galactose que dificultam a aproximação das moléculas de polissacarídeos, capaz de formar dispersões coloidais em água com elevada viscosidade por sua cadeia ser pouco ramificada. A goma guar é amplamente usada na indústria alimentícia como agente espessante e estabilizante, apresentando sinergia com outros ingredientes como o amido, proporcionando diferentes viscosidades, textura e até formação de gel (WEBER; QUEIROZ; CHANG, 2008).

## 2.7 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE TEXTURA

Um dos mais importantes desafios enfrentados pelas indústrias de alimentos é a medida de textura dos seus produtos. É este o critério que a maioria dos consumidores usa para testar o frescor e a qualidade de um alimento, porém os produtores não delegam alta prioridade a este fator. Existem produtos, tais como batata *chips*, na qual a textura é primordial. Outros produtos, como sopas, precisam da minimização dessa textura como importante elemento de percepção (KEALY, 2006)

Boas propriedades reológicas têm sido atribuídas à adição de pastas de amido em alimentos, principalmente os amidos modificados. Por anos utilizou-se a análise sensorial para testar atributos de textura, porém esta consome tempo e acaba sendo muito onerosa, daí a utilização de métodos instrumentais, intencionando-se identificar fatores de qualidade (PAJAK; FORTUNA; BOJDO-TOMASIAK, 2010).

Há quatro principais fatores de qualidade nos alimentos: aparência (cor, forma, tamanho), sabor (compreendendo gosto e odor), textura (sensação tátil) e propriedades nutritivas. As normas ISO definem a textura como o conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto, perceptíveis pelos sete receptores mecânicos, táteis e em alguns casos visuais e auditivos. Existem limitações para um delineamento experimental através de análise sensorial, devido à grande variabilidade de resultados e dificuldades de execução por se trabalhar com humanos. Portanto, a medida instrumental de textura é uma proposta interessante para este tipo de análise (BOURNE, 1978; DAMÁSIO; COSTELL; DURAN, 1999).

Atributos sensoriais podem ter níveis diferentes de importância, dependendo do tipo de alimento. A textura tem contribuição relevante para a qualidade geral dos alimentos,

contribuindo igualmente com o sabor e a aparência. Sendo assim, juntamente com a cor, são parâmetros de qualidade que influenciam a aceitabilidade dos alimentos pelos consumidores. Os métodos instrumentais são, no geral, mais rápidos e precisos e apresentam boa correlação com a medida sensorial. Tem-se observado, também, grande interesse no emprego de testes físicos que simulem a avaliação sensorial de textura, destacando-se a Análise do Perfil de Textura Instrumental (TPA) (RICHTER, 2006; OROIAN; ESCRICHE; GUTT, 2011).

O TPA é um teste imitativo que simula a mastigação com um texturômetro, através de uma deformação por força compressiva, que agrega valor às avaliações de textura em alimentos, podendo inclusive ser uma ferramenta efetiva na predição do sucesso comercial de um produto. Existe uma grande variedade de métodos e equipamentos para medida instrumental de textura, porém todos se baseiam em três elementos: um “probe” (objeto de aplicação da força); uma fonte de movimento e um elemento registrador. As propriedades mecânicas do alimento são estudadas submetendo-o a uma força de tração ou compressão, corte ou cisalhamento, punção ou extrusão e observação da deformação produzida pelo esforço correspondente (ANZALDUA-MORALES, 1994; KEALY, 2006; CARDARELLI et al., 2008).

Tem-se observado grande interesse no desenvolvimento e emprego desses testes mecânicos que simulam a avaliação sensorial de textura, não somente nos produtos já existentes, como também na idealização de novos produtos. Na otimização de uma nova formulação, se faz necessária a determinação dos melhores níveis para cada ingrediente-chave, considerando a existência de restrições tecnológicas. Para sua avaliação, existem técnicas estatísticas específicas que atuam como ferramentas de avaliação das respostas obtidas (LOBATO; GROSSMANN; BENASSI, 2009).

## 2.8 DELINEAMENTO DE MISTURAS

O desenvolvimento de novos produtos, além de considerações técnicas, legais e mercadológicas, requer também processos de otimização que possam buscar melhores condições de processamento e formulação, com alta qualidade e baixo custo (CASTRO, et al., 2003).

A metodologia de superfície de resposta (MSR) é, atualmente, a mais popular técnica para otimização de produtos de processos. A primeira etapa desta técnica consiste na escolha

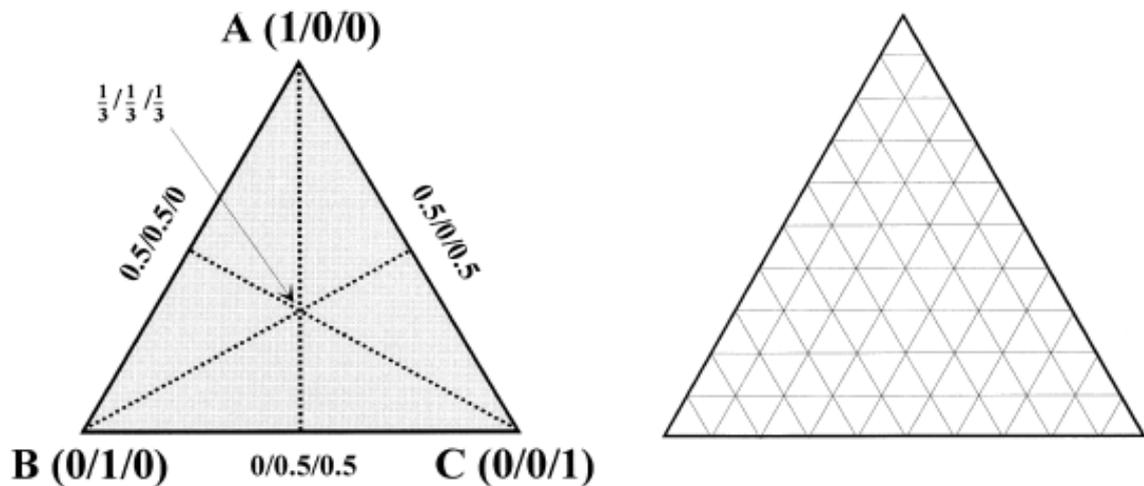
de um delineamento experimental seguida de modelagem matemática, que é realizada ajustando-se modelos lineares ou quadráticos a resultados experimentais, obtidos através de planejamentos fatoriais com ou sem ampliação. Após esta etapa é possível deslocar-se sobre a superfície de resposta ajustada, a fim de localizar regiões que satisfaçam condições de interesse. Dentre estas otimizações está o delineamento de misturas (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2001; CARNEIRO et al., 2005).

Este delineamento é um experimento onde a resposta é função somente das proporções dos componentes presentes na mistura, e não do montante total dessa mistura. O objetivo geral do delineamento de misturas é fazer com que seja possível estimar, através da análise de superfície de resposta, as propriedades de um sistema inteiro de multicomponentes partindo de um número limitado de observações. Estas observações são feitas em combinações pré-selecionadas dos componentes (resultando em misturas) no intuito de determinar qual das combinações, de alguma forma, maximizam a resposta. Ao contrário da superfície de resposta habitual, neste delineamento os componentes representam proporções de uma mistura. Estas proporções não devem ser negativas e devem somar a unidade (CORNELL, 1973).

Na prática, muitas vezes não é possível trabalhar com otimização de misturas usando os pontos da região espacial da mistura (*simplex*) correspondentes aos componentes puros. Neste caso trabalham-se com pseudocomponentes, que não são componentes puros, mas uma mistura fixa dos vários componentes. Assim o experimento se limita a uma sub-região do *simplex*. Os modelos podem ser obtidos em função dos pseudocomponentes e as interpretações são similares àquelas com componentes originais (REIS; ANDRADE, 1996).

A conformação da região que abrange experimentos de mistura está representada em pseudocomponentes na Figura 4. Cada vértice da região de mistura corresponde a um componente puro. As linhas pontilhadas representam os pontos axiais de cada componente, e a intersecção comum deles, o ponto central (ERIKSSON; JOHANSSON; WIKSTRÖM, 1998).

O emprego da modelagem matemática e de processos de otimização de formulações alimentícias pode ser um importante diferencial para a avaliação da qualidade nutricional e sensorial de alimentos para diversos fins, fornecendo ao pesquisador as ferramentas necessárias no desenvolvimento e otimização de produtos alimentícios (DINGSTAD; WESTAD; WAES, 2004; FERGUSON et al., 2006).



**Figura 4.** Visão geral de um gráfico de mistura de 3 componentes A, B e C, e sua mesma representação em linhas de grade.

Fonte: ERIKSSON; JOHANSSON; WIKSTRÖM, 1998.

Nota-se, porém, um grande problema na área de alimentos frente à multiplicidade de respostas obtidas. Assim, no desenvolvimento de formulações alimentares, por exemplo, o custo dos ingredientes, bem como, as propriedades funcionais, sensoriais e nutricionais do produto requer tratamento conjunto. Uma abordagem eficiente para a resolução deste impasse é a utilização de técnicas computacionais, de forma a que se estime a melhor combinação de fatores, que resulte na melhor combinação possível de respostas, considerando a importância relativa de cada uma delas. O emprego da função de desejabilidade é uma das técnicas que permitem chegar a um resultado mais homogêneo neste tipo de ocorrência (SILVA; BORSATO; SILVA, 2000; CARNEIRO et al., 2005).

## 2.9 TESTE DE DESEJABILIDADE

A otimização de processos ou produtos, em relação a apenas uma variável em muitos casos, levará a valores não ótimos das características que não tenham sido consideradas. É devido a esse fato que muitos processos industriais e produtos são avaliados por mais de uma característica de qualidade. Sendo assim, para selecionarem-se os melhores parâmetros e projetos, faz-se necessária a consideração de todas as medidas de qualidade simultaneamente. A isto chama-se otimização multivariada (WURL; ALBIN, 1999; RIBEIRO; FOGLIATTO; CATEN, 2000).

É desejável encontrar a otimização global ou o melhor compromisso entre as características do produto simultaneamente. Vários métodos quantitativos têm sido desenvolvidos para combinar as respostas múltiplas em funções únicas e procurar encontrar o compromisso ótimo. Por compromisso ótimo entende-se encontrar níveis de operação dos parâmetros de projeto de tal modo que cada característica do produto esteja o mais próximo possível de seu valor ideal (VASCONCELOS, 2004).

O modelo de otimização multivariada pode ser formulado em três situações básicas: quanto maior, melhor a meta de maximizar é a função objetiva; quanto menor, melhor a meta de minimizar é a função objetiva e no alvo, onde a meta é atingir um alvo para a função objetiva. A função desejabilidade envolve a transformação de cada variável resposta estimada para um valor de desejabilidade que varia de 0 (zero) a 1 (um). A resposta transformada em 1 representa o valor mais desejado e 0 o valor menos desejado (SUICH; DERRINGER, 1980).

Deste modo, a desejabilidade individual é calculada através das médias geométricas das desejabilidades. Este procedimento consiste em avaliar numerosas formulações até encontrar qual, dentre todas, possui melhor desempenho conforme as proposições iniciais. A função desejabilidade é considerada como uma melhoria nestes tipos de aproximações, sendo muito utilizada na otimização de misturas, prestando valioso auxílio em análises para definição de formulações e testes sensoriais (SUICH; DERRINGER, 1980; SHYY et al., 2001).

## 2.10 ANÁLISE SENSORIAL

A qualidade de um alimento implica, entre outros fatores, na satisfação do consumidor. Para o consumidor o produto deve, além de possuir características físicas, químicas e microbiológicas, apresentar qualidades sensoriais que atendam às suas necessidades e anseios (LOURES et al., 2010).

A análise sensorial é muito utilizada na avaliação de alimentos por ter como instrumento os sentidos humanos. É empregada no desenvolvimento de produtos, avaliação de vida útil, aceitação, identificação de particularidades e no controle de qualidade, entre outros. Tem por definição uma disciplina científica usada para medir, citar, analisar e interpretar reações em alimentos que possam ser percebidas pelo sentido da visão, olfato, tato, sabor e audição, utilizando conhecimentos de ciências de alimentos, fisiologia, psicologia e estatística (SIMPSON; PIGGOTT; WILLIAMS, 1998).

Os testes sensoriais podem ser divididos em métodos discriminativos ou de diferença, descritivos e afetivos. Estes últimos são feitos sem treinamento das pessoas, esperando que as respostas resultem na reação espontânea do indivíduo ao avaliar o alimento. Estes testes são usados para determinar a aceitabilidade e a preferência dos produtos (DE PENNA, 1999; FERREIRA et al., 2000).

Em geral, a escolha dos alimentos e sua aceitabilidade são baseadas primeiramente em percepções afetivas sensoriais tais como “gostei” ou “não gostei”, e só depois há interesse pelas suas propriedades nutricionais e apelo saudável. O conhecimento sobre tais percepções dos consumidores, quando incorporado às etapas iniciais do processo de desenvolvimento de um novo produto e repetido em todas as ocasiões ao longo do mesmo, pode estabelecer um diferencial importante para o sucesso de um alimento. O teste de aceitação é um dos métodos afetivos de análise sensorial, que utiliza provadores não treinados e é importante porque expressa a opinião do consumidor. Em uma triagem inicial das amostras ou avaliação preliminar da aceitação, a análise é normalmente realizada em condições laboratoriais com 30 a 50 provadores (CLIFF; HEYMANN, 1993; STONE; SIDEL, 1993).

Entre os métodos sensoriais disponíveis para se medir a aceitação e preferência dos consumidores com relação a um ou mais produtos, a escala hedônica estruturada de nove pontos é provavelmente o método afetivo mais utilizado, devido à confiabilidade e validade de seus resultados, bem como sua simplicidade em ser utilizada pelos provadores. Os dados obtidos em um teste de aceitação utilizando a escala hedônica são submetidos a uma análise de variância (ANOVA) seguida de outros procedimentos estatísticos, dentre os quais o teste Tukey. Este permite verificar se há diferença significativa entre duas médias, a um dado nível de confiança, normalmente 95%. Outra forma de se avaliar os resultados da escala hedônica é a análise da distribuição de frequências dos valores hedônicos obtidos por cada amostra, através de histogramas. Os histogramas tornam possível a visualização da segmentação dos valores hedônicos de cada amostra, revelando o nível de aceitação e rejeição desta (MARCELLINI, 2005; SANTOS et al., 2009; PFLANZER et al., 2010).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito combinado da farinha pré-gelatinizada de arroz, leite e açúcar nas características texturais e instrumentais de cor de sobremesas instantâneas preparadas sem aplicação de calor, além de caracterizar a sobremesa com maior desejabilidade textural em relação à composição centesimal e aceitação sensorial.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as propriedades físicas e químicas dos grãos quebrados de arroz, bem como suas propriedades tecnológicas.
- Produzir a farinha pré-gelatinizada através da extrusão de grãos quebrados de arroz e caracterizar suas propriedades físicas e químicas.
- Desenvolver sobremesas instantâneas com diferentes concentrações de leite em pó, farinha pré-gelatinizada de arroz e açúcar, empregando planejamento experimental para misturas.
- Determinar o perfil de textura e os parâmetros instrumentais de cor das diferentes sobremesas instantâneas formuladas.
- Definir, através do teste de desejabilidade, a formulação com maior potencial comercial.
- Caracterizar as propriedades físicas (cor e textura) e químicas (composição centesimal) da formulação de sobremesa instantânea escolhida.
- Analisar microbiologicamente a formulação de sobremesa instantânea escolhida.
- Avaliar a aceitabilidade da sobremesa instantânea selecionada dentre as formulações produzidas.

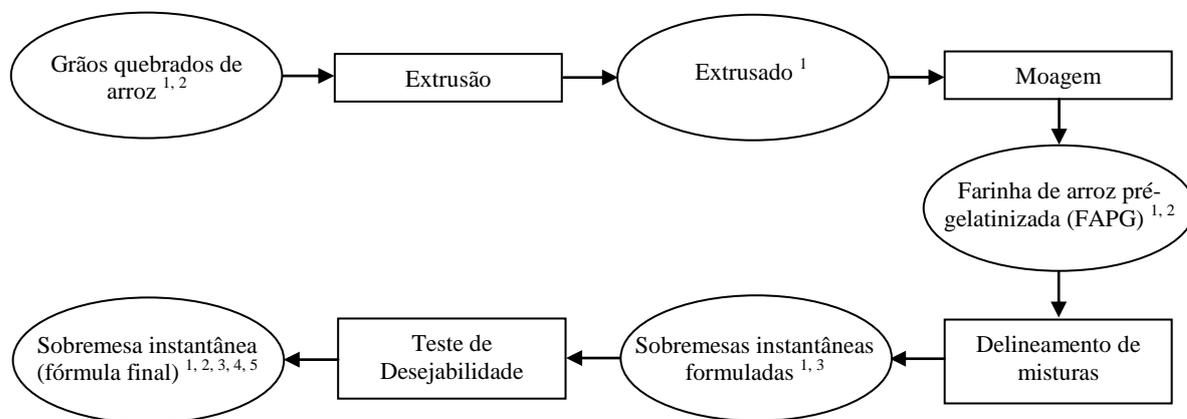
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

Para desenvolvimento da sobremesa instantânea, utilizaram-se como matérias-primas principais: leite em pó integral (Itambé<sup>®</sup>), açúcar de confeitado (União<sup>®</sup>), aroma de chocolate branco e goma guar (Pró-Sorvete<sup>®</sup>), que foram adquiridos no comércio local de Goiânia. Os grãos quebrados de arroz foram fornecidos pela empresa Cristal Alimentos Ltda<sup>®</sup>, localizada no município de Aparecida de Goiânia, Goiás.

### 4.2 MÉTODOS

As etapas da pesquisa e as análises físicas, químicas, tecnológicas, microbiológicas e sensorial que foram realizadas nas amostras de farinha de arroz crua e extrusada, bem como nas sobremesas instantâneas podem ser visualizadas na Figura 5.



<sup>1</sup> Propriedades físicas; <sup>2</sup> Composição centesimal; <sup>3</sup> Análise Instrumental de Textura; <sup>4</sup> Análise microbiológica; <sup>5</sup> Análise sensorial.

**Figura 5.** Etapas da pesquisa acompanhadas das análises realizadas, marcadas com números sobrescritos.

As análises físico-químicas e as instrumentais de textura foram realizadas na Escola SENAI Vila Canaã, as microbiológicas no laboratório de Controle Higiênico-Sanitário de Alimentos da Faculdade de Nutrição da UFG, e a extrusão no laboratório de Aproveitamento de Subprodutos e Resíduos Agroindustriais da UFG. As análises de cor instrumental e

granulométricas foram realizadas no laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal, do Setor de Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG (EA/UFG). Todas as análises físicas e químicas foram realizadas em triplicata. As amostras de grãos quebrados de arroz, bem como da farinha pré-gelatinizada de arroz, foram acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade e mantidas em câmara fria a 10°C até a produção de sobremesas instantâneas e realização das análises.

#### **4.2.1 Caracterizações físicas e químicas dos grãos quebrados de arroz**

Para obtenção da farinha de arroz pré-gelatinizada, utilizaram-se grãos quebrados de arroz da cultivar IRGA-417, da safra 2009/10. Com a amostra realizaram-se análises de umidade, proteína, cinzas, lipídios, carboidratos, parâmetros instrumentais de cor, índice de absorção de água (IAA), e índice de solubilidade em água (ISA), e para tanto, fez-se necessária a moagem dos grãos. Fez-se também análise granulométrica para caracterização dos grãos quebrados de arroz antes da moagem.

A análise de umidade baseou-se no método gravimétrico, com retirada da água disponível da amostra, em estufa de esterilização (Logen, LS 1.2, São Paulo, Brasil) a 105°C, até a obtenção de peso constante (AOAC, 2005).

Para determinação do teor de proteína, utilizou-se a metodologia padronizada por Kjeldhal, que baseia-se na determinação do teor de nitrogênio total da amostra, que é convertido em proteína bruta por um fator de conversão, no caso do arroz, 5,95 (AOAC, 2005).

O teor de cinzas foi mensurado através de gravimetria, onde a amostra foi pesada após incineração em mufla a 550°C, por aproximadamente 6 h (AOAC, 2005).

O método de determinação de lipídios baseou-se no arraste das gorduras polares e apolares da amostra, pela utilização de clorofórmio e metanol que foram evaporados, após o arraste, em estufa de esterilização (BLIGH; DYER, 1959).

Os carboidratos totais foram obtidos por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos de umidade, proteínas, lipídios e cinzas (BRASIL, 2001). Os resultados da composição centesimal foram expressos em  $\text{g.100g}^{-1}$ .

Após preparo da amostra, que foi triturada para leitura, efetuaram-se medidas de cor instrumental dessa farinha crua, por reflexão em espectrofotômetro Hunter Lab (Color Quest II, Reston, Estados Unidos), usando sistema L\*, a\*, b\* CIE (*Commission Internationale de*

*L'Eclairage*), no qual  $L^*$  se determina a luminosidade, ou seja, o quanto a amostra é clara ou escura,  $a^*$ , a intensidade cromática do verde ao vermelho, e  $b^*$  que exprime a intensidade do azul ao amarelo (TORREZAN; EIROA; PFENNING, 2000).

O IAA e o ISA em água da farinha crua foram determinados conforme metodologia de Anderson (1969), adaptada quanto à forma de agitação. Em um tubo de centrífuga previamente tarado foram colocados 2,5 g da farinha (100 *mesh*) e 30 mL de água destilada a 28 °C. Os tubos foram deixados em repouso durante 30 min, com agitação de 1 min a cada 10 min. Estes foram então centrifugados a 4830 rpm durante 10 min. Ver-teu-se cuidadosamente o líquido sobrenadante em placa de Petri previamente tarada que foi levada para estufa a 105 °C até peso constante. Após, o material foi resfriado em dessecador e pesado em balança analítica. Pesou-se o gel remanescente juntamente com o tubo. O IAA foi calculado através da Equação 1, enquanto o ISA foi calculado através da Equação 2. Os resultados foram expressos em g de gel.(g de matéria seca)<sup>-1</sup> e porcentagem respectivamente.

$$IAA = \frac{PRC}{(PA - PRE)} \quad \text{(Equação 1)}$$

$$ISA = \frac{PRE}{PA} \times 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

Nas quais:

PRC = Peso do resíduo da centrifugação (g);

PA = Peso da amostra (g);

PRE = Peso do resíduo da evaporação (g).

A análise granulométrica dos grãos quebrados de arroz baseou-se na metodologia descrita em AOAC (2005) e utilizou um classificador vibratório (Produtest, MOD. T, São Paulo, Brasil) com um conjunto de peneiras de 5, 9, 12, 16, 24 mesh e uma base. O tempo estabelecido foi de 10 min, com intensidade vibratória máxima, correspondente à posição n. 8 do aparelho (TAVARES, 2010). Ao final da análise, pesou-se cada peneira com as frações de grãos quebrados de arroz e calculou-se por diferença a quantidade de grãos retidos em cada peneira, expressando os resultados em  $g \cdot 100g^{-1}$ .

#### 4.2.2 Produção da farinha de arroz pré-gelatinizada

Os grãos quebrados de arroz foram extrusados em extrusora termoplástica (Imbramaq, PQ30, Ribeirão Preto, Brasil) de rosca única (Figura 6), com taxa de compressão da rosca de 3:1, taxa de alimentação de  $350 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$ , abertura da matriz circular de 4 mm de diâmetro, temperatura na primeira, segunda e terceira zona de aquecimento do extrusor de  $35^\circ\text{C}$ ,  $50^\circ\text{C}$  e  $90^\circ\text{C}$ , respectivamente e rotação da rosca a 250 rpm.



**Figura 6.** Extrusora (Imbramaq, PQ30, Ribeirão Preto, Brasil) utilizada para produção da farinha pré-gelatinizada de arroz.

Antes do processo de extrusão propriamente dito, os grãos foram submetidos a um processo de condicionamento de umidade, de forma que a umidade final foi de 18% em base úmida (b.u.). A umidificação foi realizada borrifando-se água destilada sobre os grãos quebrados a serem extrusados, permanecendo esta mistura *overnight* sob refrigeração (4°C) em saco de polietileno de baixa densidade. A quantidade de água a ser dispersa sobre os grãos foi determinada conforme a Equação 3 (MARCILIO et al., 2003).

$$\text{Volume}(mL) = \left[ \left( \frac{100 - A}{100 - B} \right) - 1 \right] \times C \quad (\text{Equação 3})$$

Na qual:

A = Teor de umidade inicial da amostra (g.100g<sup>-1</sup>);

B = Teor de umidade desejado da amostra (g.100g<sup>-1</sup>);

C = Massa da amostra (g).

Após o condicionamento da umidade, a amostra foi retirada da câmara fria e mantida à temperatura ambiente até o início do processo de extrusão. Esta foi iniciada após as zonas de aquecimento atingirem as temperaturas desejadas.

No produto extrusado, determinaram-se o índice de expansão (IE) e o volume específico (VE). Com o auxílio de um paquímetro digital (Caliper, 0-150 mm, MESSEN, Berlin, Alemanha), calculou-se o índice de expansão (IE) através da relação entre o diâmetro da amostra e o diâmetro da matriz da extrusora (FAUBION; HOSENEY, 1982). O valor considerado foi obtido pela média aritmética de três medidas para cada um dos vinte extrusados selecionados ao acaso. O volume específico dos extrusados expandidos foi determinado pelo método do deslocamento do volume ocupado (semente de painço) descrito por Leonel et al. (2006), em 17 repetições. Para tanto foi utilizada a Equação 4.

$$V = \frac{v}{p} \quad (\text{Equação 4})$$

Na qual:

V = volume específico (mL.g<sup>-1</sup>);

v = volume (mL);

p = massa (g).

Após o processo de extrusão, o produto foi moído em moinho de facas (Perten Laboratory Mill, 3100, Kungens Kurva, Suécia) para obtenção da farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG). Com esta, realizaram-se análises da composição centesimal: conforme métodos referenciados no item 4.2.1.

#### **4.2.3. Caracterização da farinha pré-gelatinizada de arroz (FAPG)**

Ainda com a FAPG, procederam-se as análises de granulometria, índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade de água (ISA) e parâmetros instrumentais cor. A análise granulométrica baseou-se na metodologia utilizada para o grão quebrado, com um conjunto de peneiras de 12, 16, 24, 32, 60, 100, 150, 270 mesh e uma base. As determinações do IAA, ISA e da cor seguiram as mesmas metodologias utilizadas para a farinha crua.

#### **4.2.4. Produção da sobremesa instantânea**

Para os pré-testes de elaboração das formulações da sobremesa instantânea partiu-se de formulações descritas por Iop et al. (1999) e Ares et al. (2009), que possuem como insumos: leite em pó, açúcar, amido modificado, goma, saborizador e água.

Nos pré-testes, o primeiro insumo a ser adaptado foi a goma. Para tanto foram realizados testes preliminares, empregando-se teor fixo de FAPG e diferentes quantidades de goma guar, com o intuito de avaliar o efeito da concentração deste espessante na dureza do gel. Esta característica física foi analisada de maneira sensorial pelos pesquisadores envolvidos, comparando as amostras com um padrão comercial (sobremesa sabor chocolate). A partir das observações feitas no quesito dureza, tomou-se a decisão da quantidade de goma a ser utilizada.

Após a definição da quantidade de goma, definiu-se o tipo de saborizador, sendo o escolhido para tal atributo o chocolate branco. Essa definição se deu por motivos diversos, como: evitar o uso de sabores com corantes; não utilizar sabores ácidos para evitar a desestabilização da emulsão; e evitar sabores residuais (no caso a baunilha). A quantidade de aroma de chocolate branco utilizada foi a estabelecida pelo fabricante.

A seguir, determinaram-se as faixas de proporção do leite em pó, açúcar e FAPG. O

leite em pó possui a característica tecnológica de conferir corpo e volume ao produto final, enquanto o açúcar emprega sabor doce, e o amido, neste caso a FAPG, confere textura. As faixas de proporção foram determinadas por meio de preparação de diversas formulações, segundo a seguinte metodologia: Pesaram-se todos os ingredientes (goma guar, FAPG, leite em pó, açúcar e sabor). Todos os ingredientes foram colocados em um liquidificador doméstico (simulando a forma de preparo pelo consumidor) com a adição de água gelada (10°C), e liquidificou-se até completa homogeneização dos ingredientes, o que levou cerca de 1 min. Após a homogeneização a mistura foi dividida em quantidades aproximadas de 30 mL, em béqueres com capacidade para 50 mL. Estes foram levados à geladeira a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$ , por 24 h.

As formulações obtidas também foram avaliadas sensorialmente pelos pesquisadores envolvidos, então estabeleceram-se as faixas de proporção da FAPG, do leite em pó e do açúcar (Tabela 3) para a realização do planejamento estatístico.

**Tabela 3.** Faixas de proporções estabelecidas para a farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG), leite em pó e açúcar para o planejamento de misturas para a otimização de sobremesa instantânea.

<b>Componente</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Farinha de arroz pré-gelatinizada</b>	0,35	0,55
<b>Leite</b>	0,10	0,30
<b>Açúcar</b>	0,25	0,45

Como dito anteriormente, em um delineamento de misturas a presença de todos os componentes é de suma importância para a qualidade do produto final, no caso em estudo, determinaram-se as melhores proporções do leite em pó, da FAPG e do açúcar, de forma que nenhum deles ficassem com 0% ou 100% na proporção de ingredientes variáveis. Para tanto, a partir das faixas de proporção destes ingredientes determinaram-se os valores em pseudocomponentes ( $X$ ) (Equação 5) de sete formulações diferentes e 2 repetições no ponto central. Para os ingredientes em estudo, geraram-se as Equações 6, 7 e 8.

$$X_i = \frac{C_i - a_i}{1 - \sum_{i=1}^q a_i} \quad (\text{Equação 5})$$

Na qual:

$$0 \leq a_i \leq c_i;$$

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

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

$X_i$  = Teor do componente, em termos de pseudocomponente;

$C_i$  = Proporção real do componente, dado pelo programa estatístico;

$a_i$  = Limite inferior da concentração do componente.

$$X_{amido} = \frac{C_{amido} - 0,35}{1 - 0,70} \quad (\text{Equação 6})$$

$$X_{leite} = \frac{C_{leite} - 0,10}{1 - 0,70} \quad (\text{Equação 7})$$

$$X_{açúcar} = \frac{C_{açúcar} - 0,25}{1 - 0,70} \quad (\text{Equação 8})$$

Determinados os pseudocomponentes e as proporções dos ingredientes das formulações do delineamento (Tabela 4), determinaram-se também as concentrações reais dos ingredientes nas formulações experimentais (Tabela 5). Essas concentrações reais foram determinadas multiplicando as proporções encontradas por 88%. Este valor percentual representa a quantidade de leite em pó, açúcar e FAPG, os ditos ingredientes variáveis, uma vez que os insumos fixos, goma guar e sabor, determinados primeiramente, perfazem 2 e 10% da formulação, respectivamente.

#### 4.2.5. Caracterização das sobremesas instantâneas

##### 4.2.5.1 Análise instrumental de textura

A partir do planejamento estatístico realizado, procedeu-se a análise instrumental de textura (perfil de textura). Utilizou-se texturômetro TA.XT (Extralab, *Express Enhanced*, Godalming, UK) e o registro dos resultados foi feito através do *Software Texture Express* (Extralab, *Express Enhanced*, Godalming, UK). Foram utilizadas as condições de operação propostas por LOBATO (2006), padronizadas da seguinte forma: carga de 0,05 N, corpo de

prova (probe) cilíndrico de inox P20, com profundidade de penetração de 5 mm, e velocidade de penetração de 2 mm.s<sup>-1</sup>, com dois ciclos de penetração que caracteriza o teste.

**Tabela 4.** Pseudocomponentes e proporções dos ingredientes na mistura ternária, através de planejamento estatístico, sendo que  $X_1+X_2+X_3=1$  ou 100%.

Formulações	Pseudocomponentes*			Em proporções		
	FAPG	Leite	Açúcar	FAPG (X <sub>1</sub> )	Leite (X <sub>2</sub> )	Açúcar (X <sub>3</sub> )
1V	0,6667	0,0000	0,3333	0,55	0,10	0,35
6V	0,0000	0,3333	0,6667	0,35	0,20	0,45
7C	0,3333	0,3333	0,3333	0,45	0,20	0,35
7C	0,3333	0,3333	0,3333	0,45	0,20	0,35
7C	0,3333	0,3333	0,3333	0,45	0,20	0,35
4V	0,3333	0,6667	0,0000	0,45	0,30	0,25
3V	0,6667	0,3333	0,0000	0,55	0,20	0,25
5V	0,3333	0,0000	0,6667	0,45	0,10	0,45
2V	0,0000	0,6667	0,3333	0,35	0,30	0,35

\*Fonte para o delineamento de pseudocomponentes: Statsoft, 2004.

**Tabela 5.** Concentrações reais dos ingredientes nas formulações testadas.

Formulações	Em concentrações reais (g)		
	FAPG (c <sub>1</sub> )	Leite (c <sub>2</sub> )	Açúcar (c <sub>3</sub> )
1V	48,4	8,8	30,8
6V	30,8	17,6	39,6
7C	39,6	17,6	30,8
7C	39,6	17,6	30,8
7C	39,6	17,6	30,8
4V	39,6	26,4	22,0
3V	48,4	17,6	22,0
5V	39,6	8,8	39,6
2V	30,8	26,4	30,8

As amostras de sobremesa instantânea, já acondicionadas nos béqueres com capacidade para 50 mL, foram conduzidas para o teste, realizado 24 h após o preparo,

observando-se a manutenção da temperatura (10°C). Empregaram-se dez repetições por amostra. A partir dos perfis de textura, foram avaliados os parâmetros de dureza (N), coesividade (adimensional), elasticidade (adimensional), adesividade (N.s), mastigabilidade (N) e gomosidade (N). Utilizou-se a mesma metodologia para a determinação do perfil textural da amostra padrão comercial.

#### 4.2.5.2 Análise instrumental de cor

Efetuarão-se medidas de cor das amostras experimentais por reflexão em espectrofotômetro Hunter Lab (Color Quest II, Reston, Estados Unidos), usando sistema L\*, a\*, b\* CIE (*Commission Internationale de L'Eclairage*) (TORREZAN; EIROA; PFENNING, 2000).

#### 4.2.5.3 Análise estatística

Após a execução do experimento e a coleta de dados, foram ajustadas equações polinomiais para cada resposta da textura e da cor, estimando-se os respectivos coeficientes, através dos modelos canônicos de Scheffe, para três componentes: modelos linear (Equação 9) e quadrático (Equação 10). As variáveis dependentes avaliadas foram os componentes do perfil textural, bem como os parâmetros instrumentais de cor (L\*, a\* e b\*).

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 \quad (\text{Equação 9})$$

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 \quad (\text{Equação 10})$$

Na qual:

y= variável dependente;

$\beta$ = coeficiente de regressão para cada componente do modelo;

$x_1$  = FAPG;

$x_2$  = leite;

$x_3$ = açúcar.

Os modelos matemáticos ajustados a cada resposta do ensaio de mistura foram

submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar o nível de significância, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado), e a falta de ajuste. Para a obtenção do planejamento experimental, análise dos dados e construção dos gráficos foi utilizado o programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2004).

#### 4.2.5.4 Validação do modelo

Com os valores encontrados na análise de textura, fizeram-se os ensaios de validação dos modelos, confrontando os resultados esperados com os observados, utilizando-se duas repetições originais e cinco replicatas para todo o delineamento de textura.

#### 4.2.6 Teste de desejabilidade

As variáveis dependentes foram conjuntamente otimizadas usando uma função multi-resposta, a função de desejabilidade ou conveniência que apresentaram modelos significativos (DERRINGER; SUICH, 1980), calculando-se as desejabilidades individuais e globais associadas com cada resposta e com todo o sistema, respectivamente, comparando-se com o padrão comercial escolhido. Para a cor, utilizou-se somente a coordenada de luminosidade na desejabilidade, intencionando-se um alimento de coloração clara, visto que a cor é um fator importante para o apelo visual do produto.

#### 4.2.7 Caracterização da sobremesa instantânea com maior desejabilidade e comparação com um padrão comercial

Procederam-se análises de composição centesimal (umidade, lipídios, proteína, cinzas e carboidratos), de parâmetros instrumentais de cor, de textura instrumental da amostra de maior desejabilidade, e uma amostra de sobremesa instantânea comercial foi testada em relação ao perfil textural, seguindo métodos já citados anteriormente. Os resultados das análises físicas e químicas de todo o experimento foram avaliados por meio de análise de variância e as médias comparadas pelo teste t de *Student* a 5% de probabilidade de erro.

#### 4.2.8 Análise microbiológica da amostra de maior desejabilidade

A análise microbiológica da sobremesa instantânea obedeceu aos padrões

recomendados pela Resolução nº 12, da ANVISA/MS, de 2001 (BRASIL, 2001). Realizaram-se contagens de *Bacillus cereus*, Coliformes totais, coliformes termotolerantes, bolores e leveduras, *Staphylococcus* coagulase positiva, como também a pesquisa de presença/ausência de *Salmonella* sp, de acordo com as técnicas descritas pela *American Public Health Association* (APHA, 2001).

#### **4.2.9 Teste de aceitação da amostra de sobremesa instantânea de maior desejabilidade**

Para a análise sensorial fez-se o teste de aceitabilidade, utilizando escala hedônica de 9 pontos (9 = “gostei extremamente” e 1 = “desgostei extremamente”), onde avaliou-se os atributos: sabor, textura e avaliação global para a sobremesa instantânea, além da intenção de compra entre consumidores habituais, segundo delineamento de blocos ao acaso, onde cada provador representa um bloco (STONE; SIDEL, 1993). A ficha de avaliação utilizada pode ser observada no Anexo A.

Para o produto ser aceito, considerou-se o ponto de corte 6, que corresponde a “gostei ligeiramente” na escala hedônica de nove pontos. Foram recrutados 50 consumidores adultos, de ambos os sexos, conforme interesse e disponibilidade em participar da pesquisa. Foram excluídos do teste de aceitação analfabetos, gestantes e portadores de patologias que interferissem na sensibilidade gustativa, olfativa, ou apresentassem deficiência visual.

Para participação no teste de aceitabilidade fez-se necessário que cada provador fosse esclarecido sobre o estudo, e assinasse o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) de acordo com resolução pertinente, conforme Anexo B.

O projeto desta pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da UFG sob número de protocolo: 363/2011.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS QUEBRADOS DE ARROZ E DA FARINHA PRÉ-GELATINIZADA

Para a obtenção da farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG), partiu-se dos grãos quebrados de arroz (GQA). Sendo assim, fez-se um comparativo em termos de componentes centesimais entre esses dois produtos (Tabela 6). Assim verificaram-se as modificações químicas que acontecem com os grãos quebrados de arroz após o processo de extrusão termoplástica.

**Tabela 6.** Composição centesimal aproximada ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) dos grãos quebrados de arroz (GQA) e farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG), em base úmida.

Componente <sup>1</sup>	GQA	FAPG
Umidade	11,70 <sup>a</sup> $\pm$ 0,00	8,99 <sup>b</sup> $\pm$ 0,07
Cinzas	0,34 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02	0,32 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01
Proteínas	6,99 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02	5,84 <sup>b</sup> $\pm$ 0,01
Lipídios totais	0,86 <sup>a</sup> $\pm$ 0,06	0,38 <sup>b</sup> $\pm$ 0,07
Carboidratos <sup>2</sup>	80,11	84,47

<sup>1</sup> Valores constituem a média  $\pm$  desvio-padrão de três repetições.

<sup>2</sup> Calculado por diferença, subtraindo-se de 100 os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios e cinzas.

<sup>a, b</sup> Diferença significativa pelo teste *t* de *Student* entre os tipos de farinha ( $P < 0,05$ ).

Comparando-se a composição centesimal dos dois produtos em estudo (GQA e FAPG), pode-se dizer que somente as cinzas não mudaram significativamente após o processo térmico. Tal fato provavelmente ocorreu devido às cinzas serem resíduos inorgânicos remanescentes da queima de matéria orgânica. Podem não ter necessariamente a mesma composição que a matéria mineral original do alimento por perdas referentes à volatilização ou qualquer interação entre os constituintes das amostras, porém não se modificam significativamente durante o processamento (CECCHI, 2003).

Para a umidade, a diferença significativa encontrada entre os produtos analisados era esperada, pois, após o intumescimento dos grânulos de amido durante o processo mistura e

cocção, o processo de extrusão também causa a vaporização da água na saída da matriz, com consequente expansão pela diferença de temperatura e pressão, o que justifica uma redução da umidade.

As diferenças significativas para os teores de lipídios e proteínas explicam-se pelo fato de que, sob condições de alta umidade e temperatura, a extrusão também pode favorecer a interação e formação de complexos entre estes dois compostos. Isto ocorre, pois a combinação de umidade, temperatura e força mecânica causa a hidrólise das moléculas lipídicas e aumentam a taxa de complexação de hidrocarbonetos com os aminoácidos hidrofóbicos das cadeias laterais das proteínas desnaturadas durante o processo (ASP; BJÖRCK, 1989). Sendo assim, esses compostos não puderam ser detectados durante as análises realizadas.

O aumento significativo no teor de carboidratos se deve ao fato de que, ao passar de grãos quebrados para farinha pré-gelatinizada, houve redução dos demais componentes analisados. Outro fator de argumentação seria o fato de que o processo de extrusão provoca um inchaço nos grânulos de amido, o que expõe as ligações dos hidrocarbonetos, facilitando assim a formação de complexos mais pesados. Um complexo comumente formado é o de lipídio-amilose, em consequência da inclusão da parte apolar do lipídio no interior da hélice de amilose (DORS; CASTIGLIONE; AUGUSTO-RUIZ, 2006). Vale ressaltar que este fator também implica na diminuição do teor de lipídios, uma vez que o método utilizado para essa determinação foi baseado na extração com solvente, não sendo este capaz de desfazer esses complexos.

Castro et al. (1999), caracterizando grãos de arroz, encontraram valores de 7,50% de proteína, 1,20% de cinzas, 12,00% de umidade, 1,90% de lipídios e 77,40% de carboidratos. Lima et al. (2000), trabalhando com composição química de subprodutos do beneficiamento de arroz, encontraram para a quirera de arroz os seguintes valores: proteína (8,72%), cinzas (0,53%) e lipídios (0,74%). Augusto-Ruiz et al. (2003) em sua pesquisa com grãos quebrados de arroz para produção de farinha pré-gelatinizada obtiveram valores de 8,50% para proteína, 1,60% para cinzas, 14,00% para umidade, 2,60% para lipídios e 74,80% de carboidratos totais. Ascheri, Ascheri e Carvalho (2006), extrusando farinhas mistas de arroz e bagaço de jabuticaba, encontraram para a farinha de arroz valores de 9,81% de proteína, 0,78% de cinzas, 12,01% de umidade, 0,62% de lipídios e 76,04% de carboidratos. Já Dors, Castiglione e Augusto-Ruiz (2006) caracterizaram a farinha de arroz para utilização em uma sobremesa, obtendo valores de 8,24% para proteína, 0,42% para cinzas, 6,52% para umidade, 0,46% para lipídios e 90,72% para carboidratos. Clerici e El-Dash (2008), ao caracterizarem farinhas de

arroz para produção de farinha pré-gelatinizada à partir de extrusão termoplástica, apresentaram valores de 7,56%, 0,27%, 12,88%, 0,82% e 78,97% para proteína, cinzas, umidade, lipídios e carboidratos, respectivamente.

Comparando-se os valores encontrados para GQA, pôde-se verificar que, exceto para o teor de proteína, todos os outros componentes permaneceram dentro das faixas de valores dos diversos autores, que são: 0,27% a 1,60% para teor de cinzas; 6,52% a 14,00% para o teor de umidade; 0,46% a 2,60% para o teor de lipídios; e 74,80% a 90,72% para o teor de carboidratos.

A legislação brasileira atual delimita a umidade máxima de 13% para armazenamento de arroz (FARONI et al., 2007) e para farinhas é de 15% (BRASIL, 2005), o que significa que os grãos de arroz e farinha estudados estão com umidade inferior a estes limites. O teor de proteína para os diversos autores variou de 7,50% a 9,81%, já o valor encontrado neste trabalho foi de 6,99%. Apesar dessa diferença, pode-se perceber que é um valor próximo ao valor mínimo da faixa de comparação, e tal variação pode ser explicada pela variabilidade genética das cultivares utilizadas nos estudos.

Para a FAPG, Augusto-Ruiz et al. (2003) encontraram 8,21% para proteínas, 1,52% para cinzas, 6,80% para umidade, 1,52% para lipídios e 72,32% para carboidratos. Já Dors Castiglione e Augusto-Ruiz (2006) obtiveram valores de 8,35% para proteína, 0,41% para cinzas, 4,59% para umidade, 0,34% para lipídios e 90,72% para carboidratos. Nota-se que apenas os teores de lipídios e carboidratos apresentaram valores dentro das faixas determinadas por estes autores, sendo estes de 0,34% a 1,52%, e 72,32% e 90,72%, respectivamente. Para os demais componentes, os valores variam de 8,21% a 8,35%, 0,41% a 1,52% e 4,59% a 6,80% para proteínas, cinzas e umidade, respectivamente. As diferenças entre este estudo e os demais podem ser justificadas pelas diferentes condições de extrusão, tais como temperatura das três zonas de aquecimento, velocidade e tipo de rosca utilizada, umidade inicial da amostra bem como sua granulometria. A ligação desses fatores com componentes como proteínas e cinzas se deve ao fato de que as condições de processamento interferem na quantidade de água retirada do extrusado, que por sua vez implica na maior ou menor concentração dos compostos citados.

A cor é um fator importante para a qualidade sensorial dos alimentos. Durante a extrusão, ocorrem algumas reações que afetam este fator. Dentre elas, as mais comuns são as reações de escurecimento não-enzimático (reação de Maillard e caramelização) e a degradação de pigmentos. As condições de processamento utilizadas na extrusão (alta

temperatura e baixa umidade) favorecem a reação entre açúcares redutores e aminoácidos, resultando na formação de compostos pardos. Dependendo do grau de escurecimento, pode vir acompanhado de sabores e odores indesejáveis (ILO; BERGHOFER, 1999). Com os dois compostos em estudo (GQA e FAPG) foi possível realizar análise de cor, determinando os parâmetros de luminosidade (L), croma a\* e croma b\*, bem como análises físicas de IAA e ISA (Tabela 7).

**Tabela 7.** Parâmetros instrumentais de cor (L\*, a\* e b\*), índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) dos grãos quebrados de arroz (GQA) e da farinha pré-gelatinizada (FAPG).

Propriedade <sup>1</sup>	GQA	FAPG
L*	84,69 <sup>a</sup> ± 0,04	70,79 <sup>b</sup> ± 0,55
a*	0,21 <sup>a</sup> ± 0,11	1,66 <sup>b</sup> ± 0,01
b*	8,99 <sup>a</sup> ± 0,19	11,26 <sup>b</sup> ± 0,09
IAA [g de gel.(g de matéria seca) <sup>-1</sup> ]	2,02 <sup>a</sup> ± 0,01	7,48 <sup>b</sup> ± 0,11
ISA g.100g <sup>-1</sup>	1,21 <sup>a</sup> ± 0,02	24,89 <sup>b</sup> ± 0,16

<sup>1</sup> Valores constituem a média ± desvio-padrão de três repetições.

<sup>a, b</sup> Diferença significativa pelo teste *t* de *Student* entre os tipos de farinha (P<0,05).

L\* define a claridade da cor, em que o valor zero indica cor totalmente preta e o cem totalmente branca. A coordenada de cromaticidade a\*, quando positiva, indica a existência de maior teor de pigmentos vermelhos, já quando negativa aponta a existência de pigmentos verdes, enquanto que o b\* refere-se à tonalidade amarela quando positiva e azul quando negativa. Quando os valores das escalas a\* e b\* estiverem próximos de zero, indicam que a amostra apresenta uma cor próxima à neutralidade (MENEGASSI et al., 2007).

Pôde-se perceber que ao se passar de GQA para FAPG, considerando que a GQA foi moída para uma leitura mais precisa, houve uma diminuição significativa no parâmetro L\*, ou seja, a farinha se tornou mais escura. Tal fato pode ser explicado pela ocorrência de reações de escurecimento não-enzimáticas, ou seja, reações entre açúcares redutores e proteínas produzindo pigmentos de cor parda-escura, modificações no sabor e odor, que acontecem durante a etapa de cozimento na extrusão.

Os valores encontrados para o croma a\* mostraram-se próximos a zero, indicando que as amostras analisadas se apresentaram quase neutras, apesar de a diferença ser significativa.

Já para o croma  $b^*$ , houve um aumento significativo, indicando uma tonalidade mais amarelada para a FAPG, devido ao processo de extrusão onde são formados compostos amarelados oriundos das reações de Caramelização e Maillard. Durante a caramelização, a termólise provoca desidratação e geração de ligações duplas, com formação de anéis e compostos lábeis que se condensam e formam polímeros que dão a cor e o aroma de caramelo (OETTERER; REGITANO D'ARCE; SPOTTO, 2006).

Barbosa et al. (2006), caracterizando farinha de arroz crua e pré-gelatinizada utilizadas na fabricação de embutido tipo mortadela encontraram valores para a farinha crua de 95,41 para  $L^*$ , +0,05 para  $a^*$  e +4,7 para  $b^*$ . Já para a FAPG, encontraram valores de 94,90 para  $L^*$ , -0,09 para  $a^*$  e +5,62 para  $b^*$ . Comparando os resultados encontrados por estes autores com os resultados aqui encontrados, pôde-se perceber que tanto para o GQA quanto para a FAPG, os valores de  $L^*$  e  $a^*$  assemelham-se parcialmente. No entanto, o croma  $b^*$  para os dois produtos, apresentou valor superior ao dos autores em questão. Tal fato pode ter ocorrido devido à diferença entre as cultivares de arroz utilizadas e a presença de contaminantes, como resíduos de farelo, o que implica em uma coloração mais escura das farinhas.

As análises de índice de absorção em água (IAA) e do índice de solubilidade em água (ISA) no GQA e na FAPG foram realizadas com o intuito de verificar o efeito do tratamento térmico sobre as moléculas de amido. Os resultados encontrados foram apresentados na Tabela 7. Um fator relevante ao se estudar o IAA e o ISA dos GQA e da FAPG é que sempre há um aumento destes índices após o processo de extrusão, fato que provavelmente é explicado pela perda da cristalinidade com a gelatinização, levando os grânulos de amido a absorverem muito mais água, pois no processo de extrusão se atingem temperaturas elevadas. Vale ressaltar que neste estudo a absorção aumentou 3,7 vezes após o processo térmico, e a solubilidade teve um aumento de 20,6 vezes.

Provavelmente, a grandeza do aumento na absorção e na solubilidade da FAPG em relação ao QGA neste trabalho possa ser explicada pelas alterações causadas durante o processamento. O conteúdo de umidade da matéria-prima age como plastificante durante a extrusão, o que favorece a degradação parcial dos grânulos de amido, resultando em um aumento da capacidade de absorção de água do produto final. O aumento da absorção também se dá devido ao efeito da temperatura de extrusão, possivelmente devido à ocorrência da dextrinização do amido (HAGENIMANA; DING; FANG, 2005). Outro fator seria a perda de cristalinidade com a gelatinização, conferindo liberdade de expansão para os grânulos, que assim absorvem mais água devido às alterações sofridas na estrutura do grão de amido,

ocasionadas pela alta temperatura atingida no processo de extrusão (ASCHERI; ASCHERI; CARVALHO, 2006).

Confrontando-se os resultados de IAA e ISA encontrados por outros autores que também trabalharam com GQA e FAPG, pôde-se perceber que há uma diversidade notável de valores entre os estudos, como pode ser visualizado na Tabela 8.

**Tabela 8** Comparativo de valores de índice de absorção de água (IAA) e de índice de solubilidade em água (ISA) para grãos quebrados de arroz (GQA) e farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG), obtidos por diferentes autores.

Autores	GQA		FAPG	
	IAA [g de gel.(g de matéria seca) <sup>-1</sup> ]	ISA g.100g <sup>-1</sup>	IAA [g de gel.(g de matéria seca) <sup>-1</sup> ]	ISA g.100g <sup>-1</sup>
Bortolato et al. (2003)	2,84	2,10	4,58	9,49
Limberger (2006)	9,44	18,17	14,03	35,91
Bryant et al. (2001)	-	-	5,17	17,26
Kadan, Bryant e Pepperman (2003)	2,3	1,2	4,1	3,4

É possível afirmar que o IAA e o ISA dos GQA encontrados neste trabalho ficaram mais próximos aos resultados descritos por Kadan, Bryant e Pepperman (2003), que trabalharam com propriedades funcionais de farinha de arroz extrusada. Já para a FAPG, os resultados encontrados se aproximaram dos obtidos por Bryant et al. (2001), que estudaram as propriedades funcionais e digestivas da farinha de arroz extrusada. As variações encontradas para IAA e ISA entre este estudo e os referidos na Tabela 8 podem ser explicadas pela cultivar utilizada em cada trabalho, o que implica em teor de amido e porcentagem de amilose e amilopectina diferentes. O baixo índice de absorção e de solubilidade para o arroz cru comprova o difícil acesso da água entre essas cadeias do amido. Outra justificativa seriam os diferentes parâmetros de extrusão utilizados em cada estudo, tais como: umidade inicial do insumo para alimentação da extrusora, rotação da rosca e temperatura nas zonas de aquecimento. Em baixas temperaturas, esperam-se cadeias de polímeros menos danificadas e grande disponibilidade de grupos com afinidade pela água, retendo-a em maior quantidade e aumentando o valor da absorção (ASCHERI; ASCHERI; CARVALHO, 2006).

Os grãos quebrados apresentaram maior retenção nas peneiras de 16 e 12 mesh, com porcentagem total de retenção de 99,16%. O restante foi retido nas peneiras de 9 e 24 mesh e

a base (Tabela 9). Com relação à FAPG, esta apresentou uma maior retenção (53,15%) na peneira de 100 mesh, valor este aproximado ao encontrado por Dors Castiglione e Augusto-Ruiz (2006) caracterizando FAPG para produção de uma sobremesa, cuja maior retenção (76,99%) foi na peneira de 115 mesh (0,125mm). É importante destacar que uma farinha de partículas pequenas resultará em uma sobremesa de melhor qualidade no quesito textura, pois possuirá maior superfície de contato para absorção da água (SILVA et al., 2009).

**Tabela 9.** Percentual de amostra retida nas peneiras durante a distribuição granulométrica dos grãos quebrados de arroz (GQA) e da farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG).

Mesh	Abertura (mm)	GQA (%)	FAPG (%)
5	4,000	0	0
9	2,660	0,25 ± 0,00	0
12	1,680	81,61 ± 0,71	0
16	1,190	17,55 ± 0,48	0
24	0,736	0,56 ± 0,08	0,13 ± 0,00
32	0,554	0,03 ± 0,00	0,21 ± 0,05
60	0,250	0	2,02 ± 0,08
100	0,149	0	53,15 ± 0,87
150	0,099	0	24,33 ± 0,30
270	0,053	0	17,51 ± 0,10
Base	0,000	0	2,45 ± 0,12

Produtos extrusados geralmente são expandidos, pois a alta pressão existente próxima à descarga da matriz normalmente é reduzida quando o produto sai do extrusor, ocasionando a evaporação instantânea da água e a expansão do produto (ASCHELI; ASCHELI; CARVALHO, 2006). Com o índice de expansão, busca-se descrever o grau de transformação do grânulo de amido e as variações de massa e volume que sofreu a massa amilácea ao sair da extrusora (CARVALHO; ASCHELI; CAL-VIDAL, 2002). Ao se realizar a análise do índice de expansão (IE) para o extrusado de grãos quebrados de arroz deste trabalho, encontrou-se um valor médio de  $3,4 \pm 0,2$ . Segundo Silva e Ascheri (2009), quanto maior a temperatura da última zona, menor a velocidade da rosca e menor o teor de umidade, maior será o índice de expansão, o que justifica os baixos valores encontrados neste trabalho, pois foram utilizadas temperatura de 90 °C na última zona de aquecimento, velocidade de rosca de 250 rpm, e teor

de umidade de 18%, valores inadequados para obtenção de elevados IE.

Ao analisar estudos como os de Silva e Ascheri (2009) extrusando quirera de arroz, foi possível observar que os parâmetros de temperatura na terceira zona variaram de 120 a 195°C, os de rotação de 126 a 194 rpm, e a umidade de 14 a 21%, ou seja, temperaturas mais altas do que as aqui utilizadas, valores mais baixos para a velocidade de rosca, e teores de umidade próximos ao utilizados neste estudo. Esses autores obtiveram valores entre 3,48 e 11,22 mm, sendo que os menores valores corroboram com o encontrado neste trabalho.

Clerici e El-Dash (2008), trabalhando com farinhas pré-gelatinizadas de arroz por extrusão com temperaturas na terceira zona variando entre 108 e 192 °C e umidade entre 19,2 e 24,8% encontraram valores de IE entre 1,37 e 3,08 mm, próximos ao encontrado neste estudo.

Uma particularidade dos dois trabalhos é que os maiores valores de IE ocorreram nos tratamentos com menor valor de umidade. Neste trabalho não houve variações no processo de extrusão, porém observando-se a tendência dos outros trabalhos, pôde-se inferir que o baixo valor de IE encontrado provavelmente se deve a que quantidades maiores de umidade podem modificar a estrutura molecular da amilopectina do material amiláceo, dificultando a sua taxa de evaporação no orifício de saída da extrusora, e diminuindo assim a viscosidade elástica (DING et al., 2005). Segundo Miller (1985) maior será o índice de expansão quanto menor for o teor de umidade. Esse fenômeno acontece pela relação que ocorre entre a quantidade de água e a força do gel formado durante a extrusão. Ao utilizar-se baixa umidade, a matriz formada durante a extrusão apresentou células maiores e pouco uniformes, pois o gel formado foi pouco elástico, afetando não só o IE, como também o volume específico.

Volume específico (VE) é uma medida da expansão volumétrica, que é a soma das expansões radial e axial, ou seja, é resultado do aumento de uma ou das duas medidas (CARVALHO; ASCHIERI; CAL-VIDAL, 2002). Neste trabalho, utilizando uma temperatura de 90°C na terceira zona de aquecimento da extrusora e umidade de 18%, encontrou-se um resultado de 19,94 mL.g<sup>-1</sup>. Este valor se relaciona com a umidade da amostra no processo de extrusão, bem como a fatores ligados à cultivar utilizada e maior expansão, sendo uma medida que também pode aumentar com o decréscimo da temperatura (LUSTOSA; LEONEL; MISCHAN, 2010).

Hsieh et al. (1993), trabalhando com extrusão de farinha de arroz em extrusora de dupla-rosca obtiveram valores para VE entre 6 e 8 mL.g<sup>-1</sup>, utilizando temperatura de 121,1°C na terceira zona e umidade de 21%. Esses valores foram diferentes dos encontrados neste

trabalho, porém mostraram tendências dos efeitos da umidade, temperatura da extrusão e taxa de evaporação na saída da extrusora. Utilizou-se rosca única neste estudo, que pode ter influenciado na fase de mistura, amassadura, causando diferentes modificações da estrutura do material amiláceo bem como outros componentes proteicos e crescimento das bolhas no momento da expansão, resultando em diferenças de densidade e crocância, visto que o VE é inversamente proporcional à densidade.

## 5.2 TEXTURA DAS SOBREMESAS INSTANTÂNEAS

Por meio da análise instrumental de textura, obtiveram-se as médias dos parâmetros de dureza, gomosidade, adesividade, coesividade, elasticidade e mastigabilidade das sobremesas instantâneas experimentais (Tabela 10).

A partir dos dados instrumentais de textura obtidos e da análise de variância, foram elaborados os modelos matemáticos de regressão ajustados, o nível de significância ( $p$ ), a falta de ajuste (FA) e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para os parâmetros de textura das sobremesas (Tabela 11). Os modelos para os atributos de dureza, gomosidade, mastigabilidade e adesividade foram significativos ( $p \leq 0,05$ ), enquanto para elasticidade e a coesividade não. Entretanto, estes foram apresentados por possuírem termos significativos nos modelos que podem ser utilizados para verificar a tendência da resposta. Para os modelos significativos, observaram-se coeficientes de determinação explicando entre 93,34 e 96,29% das respostas. Dentre os modelos com significância estatística, somente para a adesividade os efeitos das interações entre FAPG e leite, FAPG e açúcar e leite e açúcar foram significativos ( $p \leq 0,05$ ), sendo que o teor de FAPG neste modelo não foi significativo. Para os outros atributos essas interações não foram significativas, no entanto, também se optou por mantê-las, pois assim os modelos apresentaram maiores coeficientes de determinação ajustados ( $R_{aj}^2$ ). Também não foram significativos os efeitos do açúcar para dureza, gomosidade e mastigabilidade, e da FAPG para a adesividade (Apendices A<sub>1</sub> a A<sub>6</sub>).

As propriedades de textura dos géis de amido dependem dos seus constituintes, tipo de amido, quantidade de amilose, do volume e deformação dos grânulos, e da interação entre as fases contínuas e dispersas, conferindo assim características específicas aos atributos de textura desse gel (CHOI; KERR, 2003). A dureza de um alimento é um desses atributos, e refere-se à força requerida para a compressão entre a língua e o palato, no caso de semi-sólidos amiláceos, causada principalmente pela perda de água e cristalização da amilopectina,

**Tabela 10.** Ingredientes em pseudocomponentes e proporções, e média e desvio padrão dos valores de dureza (DUR), adesividade (ADE), elasticidade (ELA), mastigabilidade (MAS), gomosidade (GOM) e coesividade (COE) obtidos através de análise de perfil de textura para as formulações codificadas de farinha pré-gelatinizada de arroz ( $x_1$ ), leite ( $x_2$ ) e açúcar ( $x_3$ ).

Misturas	Pseudocomponentes			Proporções			Atributos					
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	DUR	ELA	GOM	MAS	ADE	COE
<b>5V</b>	0,333	0,000	0,667	0,45	0,10	0,45	17,79±0,92	0,96±0,00	10,99±0,53	10,62±0,52	-3,19±0,30	0,62±0,01
<b>1V</b>	0,667	0,000	0,333	0,55	0,10	0,35	39,16±1,76	0,96±0,00	24,13±1,31	23,07±1,28	-5,04±0,52	0,62±0,01
<b>3V</b>	0,667	0,333	0,000	0,55	0,20	0,25	39,85±2,51	0,95±0,01	24,79±1,61	23,47±1,51	-7,28±0,67	0,62±0,01
<b>7C</b>	0,333	0,333	0,333	0,45	0,20	0,35	26,13±1,66	0,93±0,01	15,87±0,95	14,81±0,88	-9,21±0,69	0,61±0,01
<b>7C (1)</b>	0,333	0,333	0,333	0,45	0,20	0,35	25,70±0,71	0,94±0,00	15,91±0,48	14,93±0,47	-8,02±0,24	0,62±0,00
<b>7C (2)</b>	0,333	0,333	0,333	0,45	0,20	0,35	22,80±1,20	0,95±0,01	14,04±0,69	13,29±0,64	-9,01±0,48	0,61±0,00
<b>4V</b>	0,333	0,667	0,000	0,45	0,30	0,25	28,14±2,15	0,94±0,01	16,48±0,77	15,50±0,71	-7,94±1,09	0,59±0,03
<b>2V</b>	0,000	0,667	0,333	0,35	0,30	0,35	17,76±0,90	0,94±0,01	11,12±0,47	10,50±0,39	-8,63±0,79	0,63±0,01
<b>6V</b>	0,000	0,333	0,667	0,35	0,20	0,45	14,58±1,14	0,96±0,01	9,28±0,58	8,86±0,53	-5,77±0,65	0,64±0,01

tornando o gel mais duro. No equipamento, é a força máxima registrada no primeiro ciclo de penetração (BOURNE, 1978; SANDHU; SINGH, 2007).

**Tabela 11.** Modelos polinomiais ajustados, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para dureza, elasticidade, gomosidade, mastigabilidade, adesividade e coesividade das sobremesas instantâneas em função dos pseudocomponentes de farinha pré-gelatinizada de arroz ( $x_1$ ), leite ( $x_2$ ) e açúcar ( $x_3$ ).

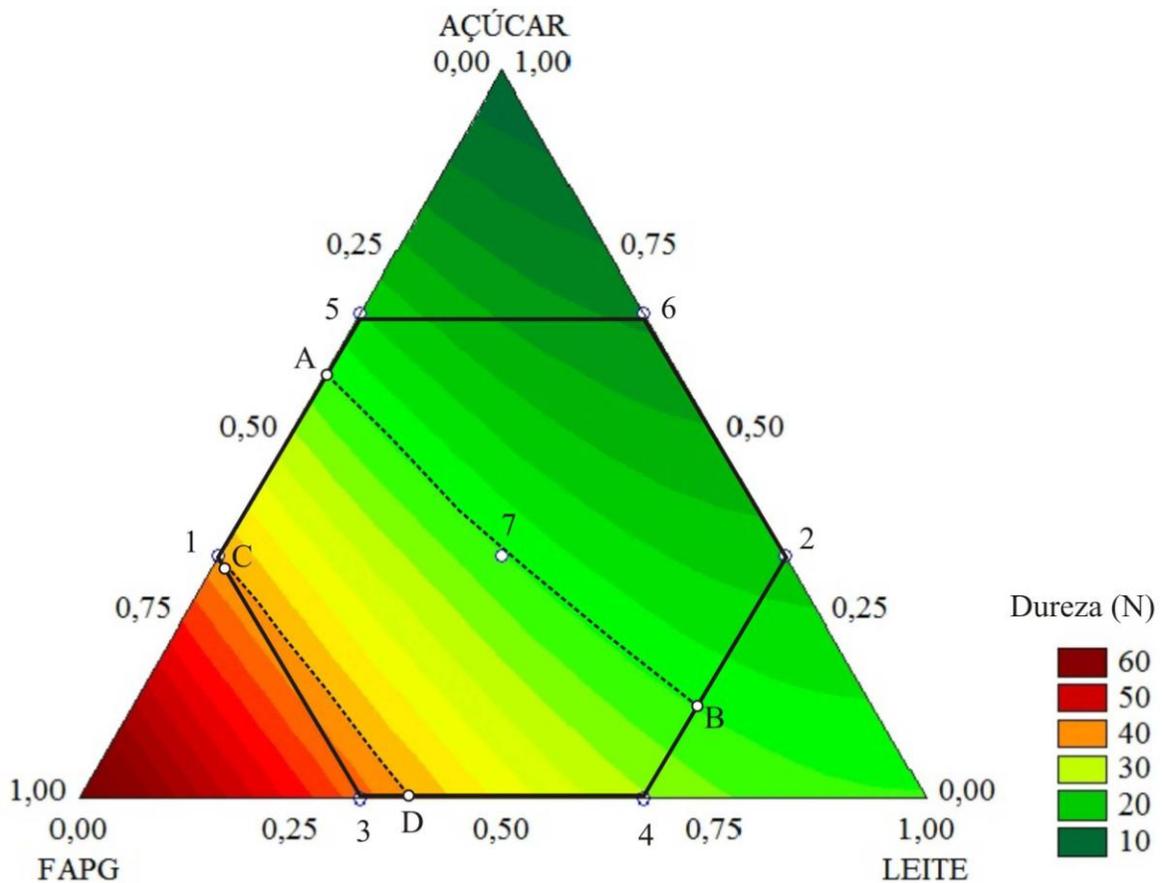
<b>Atributo</b>	<b>Modelo</b>	<b>FA</b>	<b>P</b>	<b><math>R^2</math></b>
Dureza	$y_1 = 62,35x_1 + 24,18x_2 + 8,16x_3^{ns} - 39,13x_1x_2^{ns} - 27,93x_1x_3^{ns}$	0,3656	0,0023	0,9444
<i>Elasticidade</i>	$y_2 = 0,98x_1 + 0,96x_2 + 0,99x_3 - 0,11x_1x_2^{ns} - 0,10x_1x_3^{ns} - 0,10x_2x_3^{ns}$	0,7051	0,0990	0,7311
Gomosidade	$y_3 = 39,30x_1 + 11,37x_2 + 2,86x_3^{ns} - 21,16x_1x_2^{ns} - 15,84x_1x_3^{ns} - 13,87x_2x_3^{ns}$	0,3717	0,0065	0,9585
Mastigabilidade	$y_4 = 37,75x_1 + 10,98x_2 + 3,24x_3^{ns} - 21,95x_1x_2^{ns} - 16,41x_1x_3^{ns} + 11,56x_2x_3^{ns}$	0,3323	0,0055	0,9629
Adesividade	$y_5 = -2,62x_1^{ns} - 4,95x_2 + 3,28x_3^{ns} - 17,21x_1x_2 - 20,00x_1x_3 - 28,64x_2x_3$	0,8434	0,0131	0,9334
<i>Coesividade</i>	$y = 0,66x_1 + 0,58x_2 + 0,64x_3 - 0,07x_1x_2^{ns} - 0,14x_1x_3^{ns} + 0,10x_2x_3^{ns}$	0,2699	0,1453	0,6456

<sup>ns</sup> Efeitos não foram significativos, porém foram mantidos para melhoria do ajuste do modelo;

Atributos em *itálico* não foram significativos.

De acordo com a Tabela 10, verificou-se que a dureza variou 173,3% (diferença entre as formulações 6V e 3V) sendo o maior valor pertencente à formulação com quantidade máxima de FAPG na proporção de 55:20:25. Em contrapartida, o menor valor de dureza corresponde à formulação com quantidade mínima de FAPG, na proporção de 35:20:45. Utilizando-se o modelo ajustado para o atributo de dureza, obteve-se o gráfico de curvas de nível (Figuras 7). Os vértices de cada extremidade da área demarcada deste gráfico

representam os valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura utilizados na formulação das sobremesas instantâneas.



**Figura 7** Dureza das sobremesas instantâneas experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Área demarcada entre os pontos enumerados demonstram o espaço experimental analisado.

Analisando a Figura 7, observou-se uma tendência à maior dureza quanto maior a quantidade de FAPG e menor a quantidade de leite e açúcar. Valores maiores de dureza (acima de 40) foram encontrados em regiões do gráfico com formulações em pseudocomponentes de FAPG:Leite:Açúcar entre os pontos C, D e 3, com coordenadas de 0,66:0,05:0,29; 0,60:0,40:0,00 e 0,67:0,33:0,00 respectivamente, situadas acima de D para FAPG e abaixo de D para leite. Em proporção, estes valores são de 55:12:33, 53:22:25 e 55:20:25 respectivamente, ou seja, em quantidades máximas de FAPG (53 a 55%), mínimas a intermediárias de leite (12 a 22%) e mínimas de açúcar (25 a 33%). Valores menores de dureza (abaixo de 20), área apresentada dentro da grande região do gráfico pontilhada entre os pontos A, B, 2, 6 e 5, encontram-se as sobremesas com formulações de FAPG:Leite:Açúcar

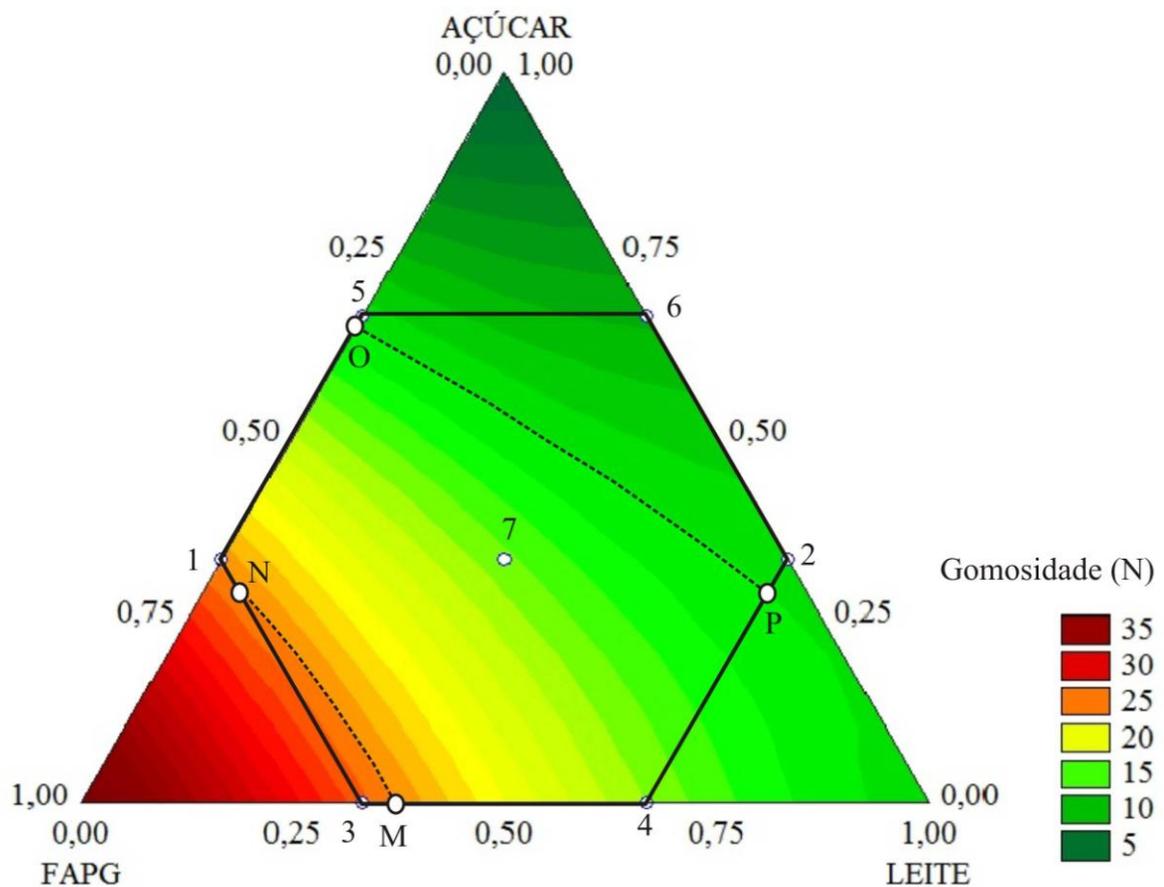
entre 0,39:0,00:0,61; 0,21:0,66:0,13; 0,00:0,67:0,33; 0,00:0,33:0,67 e 0,33:0,00:0,67. Convertidos em proporção, estes valores são de 47:10:43, 41:30:29, 35:30:35, 35:20:45 e 45:10:45 para A, B, 2, 6 e 5 respectivamente, ou seja, quantidades de FAPG variando de 35 a 47%, leite de 10 a 30% e açúcar de 29 a 45%.

A dureza e firmeza dos géis podem ser atribuídas a características do amido, tais como a retrogradação onde há a formação de associações entre as moléculas, influenciando diretamente na textura, e teor de amilose. Géis com maior rigidez geralmente apresentam maior teor de amilose, conferindo consistência ao produto. Algumas propriedades desses géis dependem de fatores como a rigidez dos grânulos gelatinizados, a interação entre as fases dispersas e contínuas do gel e as particularidades da matriz de amilose (CHOI; KERR, 2003; SANDHU; SINGH, 2007). Neste estudo, a quantidade de FAPG influenciou diretamente na dureza das sobremesas instantâneas testadas provavelmente devido às características do amido pré-gelatinizado de arroz, e também pela goma utilizada que pode ter exercido efeito positivo na dureza, pois ao formarem dispersões coloidais quando hidratadas com água fria, podem complexar-se com as cadeias de amido. Há um efeito sinérgico entre esses ingredientes promovendo maior estabilidade aos géis de amido (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004). O leite também exerceu influência na dureza de géis devido às interações entre proteínas, micelas de caseína e lipídios. O complexo proteína-lipídio influencia as propriedades dos alimentos, onde produtos oriundos da oxidação de lipídios reagem com as proteínas, formando as lipoproteínas. Essa alteração da proteína provocada pela hidrólise ou pela oxidação do lipídio acarreta mudanças na funcionalidade, seja ela a textura, capacidade de retenção de água, solubilidade e até no *flavor* (ARAUJO, 2004).

A elasticidade representa a medida pela qual o produto volta à sua forma original depois que a força de compressão é removida, ou seja, é o percentual de recuperação do material, refletindo a coesão entre as partículas (BOURNE, 1978; OLIVEIRA et al., 2009). No caso de sobremesas instantâneas, espera-se que este atributo seja próximo de zero, ou seja, o menos elástico possível. Para as sobremesas instantâneas testadas, a elasticidade variou 3,2% e os valores foram próximos do ideal (zero) (Tabela 10). Como a diferença foi pequena, não houve efeito significativo dos componentes da formulação da sobremesa instantânea em relação à elasticidade, apesar de alguns efeitos isolados terem sido significativos.

O atributo gomosidade é outro parâmetro textural, e é definido como a energia necessária para desintegrar um semi-sólido até deglutição, sendo determinado pelo produto da dureza pela coesividade (CIVILLE; SZCZESNIAK, 1973; BOURNE, 1978). Recorrendo-se à

Tabela 9, observou-se que as médias para os valores de gomosidade variaram de 167,1%, e que o maior valor (24,79 N) pertenceu à mistura com quantidade máxima de FAPG na proporção de 55:20:25, e o menor valor (9,28 N) correspondeu à formulação com quantidade mínima de FAPG, na proporção de 35:20:45 (3V e 6V respectivamente). Como a gomosidade é resultado da dureza multiplicada pela coesividade, e esta última não foi significativa (Tabela 10), os valores de gomosidade seguiram a mesma tendência da dureza. Observou-se na Figura 8 o mesmo comportamento para as formulações com alta concentração de FAPG.



**Figura 8** Gomosidade das sobremesas instantâneas experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Área demarcada entre os pontos numerados demonstram o espaço experimental analisado.

Analisando a Figura 8, foi possível verificar que valores maiores de gomosidade (próximos de 25) foram encontrados na região pontilhada formada pelos pontos M, N e 3 representados em pseudocomponentes por 0,63:0,37:0,00; 0,67:0,05:0,29 e 0,67:0,33:0,00,

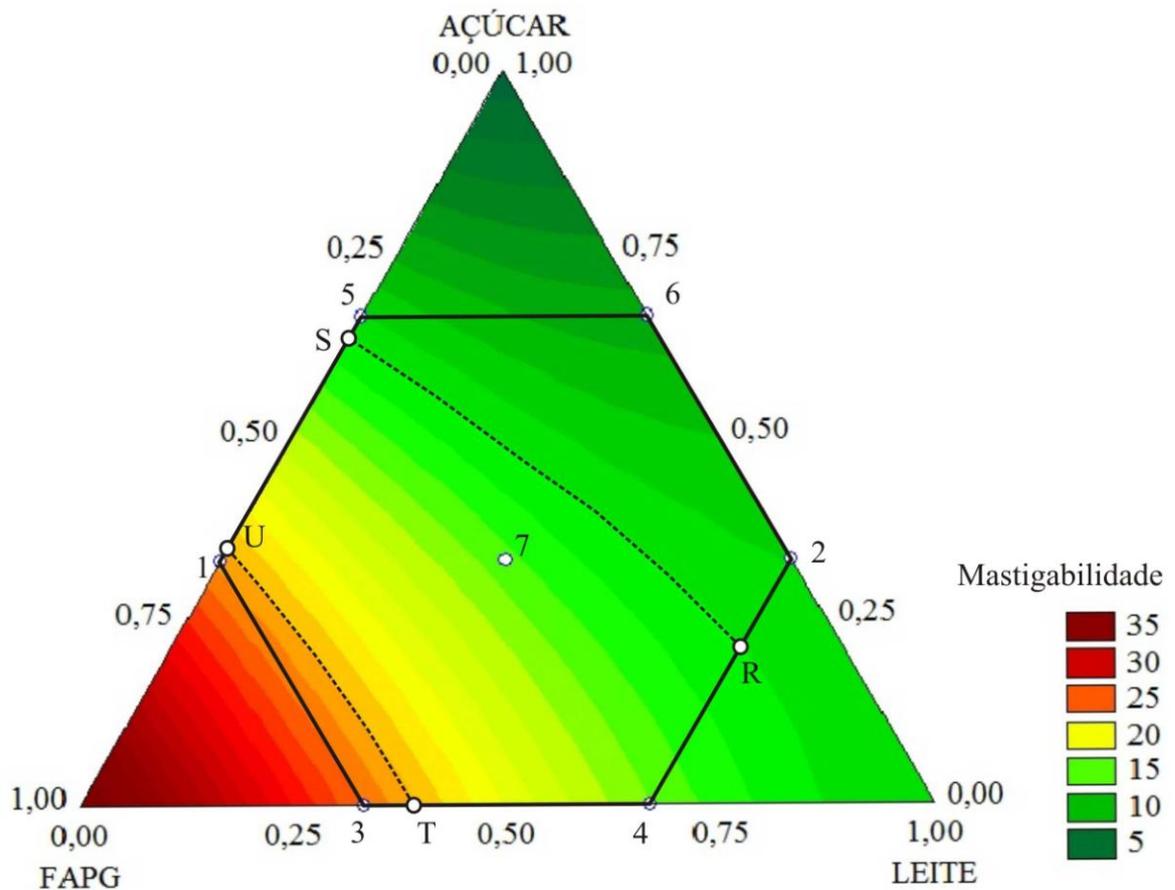
respectivamente, e em proporções por 54:21:25, 55:12:33 e 55:20:25. Isso significa formulações com proporções de FAPG variando entre 54 e 55%, leite entre 12 e 21% e açúcar de 25 a 33%. Menores valores de gomosidade (abaixo de 15) foram observados na região pontilhada representada pela cor verde escura, entre os pontos O, P, 2, 6 e 5, que têm seus valores em pseudocomponentes de 0,35:0,00:0,65; 0,05:0,65:0,30; 0,00:0,67:0,33; 0,00:0,33:0,67 e 0,33:0,00:0,67, respectivamente, e valores em proporção de 46:10:44, 36:30:34, 35:30:35, 35:20:45 e 45:10:45, misturas com quantidade de FAPG entre 35 e 46%, leite de 10 a 30% e açúcar variando de 34 a 45%.

Pôde-se verificar que a quantidade de FAPG e leite mostraram tendências, sendo que à medida que se aumentou a quantidade do primeiro ingrediente e diminuiu o segundo, obtiveram-se os maiores valores de gomosidade. Com relação à quantidade de açúcar, apesar de esta não ter afetado sozinha significativamente este atributo, pôde-se visualizar que quanto maior a concentração desse e menor o teor de farinha (interação  $x_1x_3$ ), menores foram os valores de gomosidade, que tenderam a zero.

A amilose contribui para as características de geleificação, proporcionando firmeza ao alimento. A amilopectina, mesmo sendo uma porção não geleificante do amido, também pode ter contribuído para uma consistência gomosa ou pegajosa, devido à sua solubilidade (LUALLEN, 1985). Com relação ao leite, sua influência poderia estar relacionada com a gordura presente em sua composição em contato com a amilose da farinha. Sabe-se que a amilose possui a propriedade de formar complexos de inclusão com lipídios, devido à sua conformação helicoidal, podendo afetar sua solubilidade e induzir à retrogradação, levando a um produto mais gomoso. Complexos de amilose com lipídios e emulsificantes de alimentos como mono e diglicerídeos podem alterar o perfil textural da pasta formada. Este processo pode ocorrer após aquecimento, porém etapas de batimento também induzem à formação do complexo devido à energia em forma de calor gerada (LINDEN; LORIENT, 1996; MATSUGUMA, 2006). Goel; Singhal e Kulkarni (1999) dizem que interações entre os hidrolisados de proteína e amido também podem influenciar a rede do gel de amido e perfil textural, pois as proteínas contêm muitos grupos hidrofílicos capazes de formar ligações cruzadas com o amido. De acordo com a teoria da dupla camada elétrica, o amido está envolto por uma dupla camada elétrica de cátions, excluindo os ânions (agentes de gelatinização), e por isso estes não podem penetrar e causar essa gelatinização. Com a presença das proteínas que são anfóteras, poderão facilitar a gelatinização do amido na presença de caseína, por naturalmente terem cargas negativas e positivas (OOSTEN, 1983).

A mastigabilidade simula a energia necessária para mastigar um alimento semi-sólido até um estado seguro para deglutição. É dado pelo produto da gomosidade pela elasticidade (BOURNE, 1978, HUANG et al., 2007). Este atributo variou 164,9% nas sobremesas instantâneas estudadas. É possível verificar que seus valores, juntamente com os valores de gomosidade e dureza estão relacionados, seguindo a mesma tendência. Se o alimento apresenta dureza maior, apresentar-se-á mais gomoso, e conseqüentemente exigirá alta energia para mastigação. De acordo com o gráfico para a mastigabilidade (Figura 9), os maiores valores (acima de 25) foram identificados na região pontilhada entre os pontos experimentais T, U, 1 e 3 (0,61:0,39:0,00; 0,64:0,00:0,36; 0,67:0,00:0,33 e 0,67:0,33:0,00 respectivamente). Em proporção estes pontos foram representados por 53:22:25, 54:10:36, 55:10:35 e 55:20:25, onde verificou-se uma tendência a maiores valores deste atributo próximos a 25, quanto maior a quantidade de FAPG (53 a 55%) e menores as quantidades de leite (10 a 22%) e açúcar (25 a 36%). Os valores menores (abaixo de 15) encontraram-se dentro da zona pontilhada entre os pontos experimentais R, S, 5 e 2 (0,12:0,66:0,22; 0,35:0,00:0,65; 0,33:0,00:0,67 e 0,00:0,67:0,33 respectivamente), ou seja, proporções de 39:30:31, 46:10:45, 45:10:45 e 35:30:35. As quantidades de 35 a 46% para FAPG, 10 a 30% para leite e 31 a 45% para o açúcar.

A mastigabilidade foi diretamente afetada pela gomosidade, já que a elasticidade não foi significativa, e está ligada também à dureza das sobremesas. A maior dureza foi atribuída à maior quantidade de FAPG, ou seja, alto teor de amido na formulação, sendo que pode ter havido rearranjo das cadeias de amilose aumentando o valor dessa dureza. Porém existe a presença de lipídeos provenientes do leite utilizado, conferindo importante influência sobre a gelatinização e retrogradação do amido. O mecanismo de interação entre a amilose e os lipídeos atribui-se à formação de associações por inclusão do lipídeo no interior da cadeia de amilose, que adota uma conformação em dupla hélice com estrutura parcialmente cristalina. Este complexo compete com a cristalização da amilose, deixando menor quantidade deste polissacarídeo livre para a formação de pontes de hidrogênio com outras cadeias de amilose, diminuindo a dureza, e requerendo menos força para o processo de mastigação (LOBO; LEMOS SILVA, 2003).

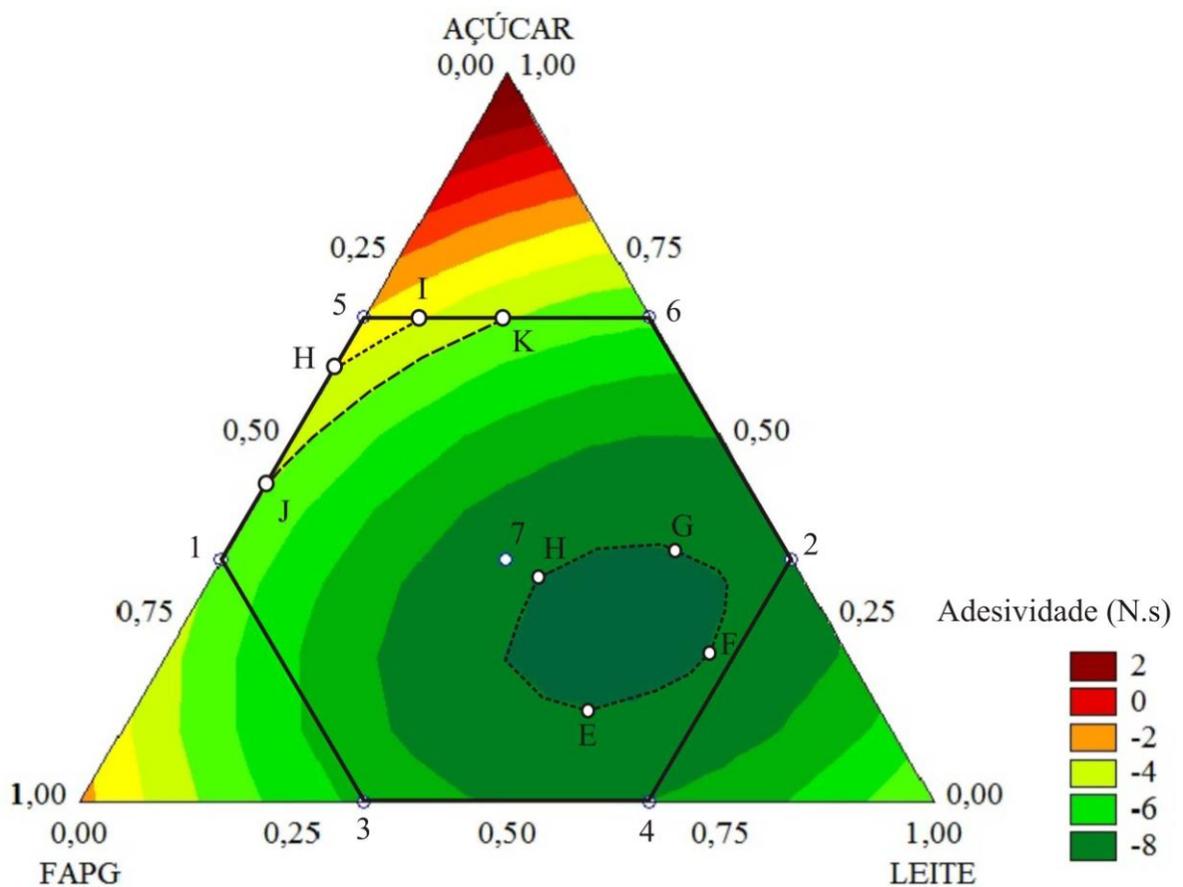


**Figura 9** Mastigabilidade das sobremesas instantâneas experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Área demarcada entre os pontos numerados demonstram o espaço experimental analisado.

As interações entre o amido da farinha e a proteína do leite também devem ser levadas em consideração, pois pode ocorrer formação de complexo amido-proteína que diminui a absorção e retenção de água pelo grânulo de amido devido a uma competição destes constituintes pela água, conferindo aspecto mais gomoso dificultando a mastigação (GUJSKA; KHAN, 1991). Noisuwan et al. (2007) sugeriram que a presença de proteínas do leite afetam a absorção de água e inchaço dos grânulos de amido. Esses autores dizem que pode haver uma competição pela água entre o caseinato de sódio e os grânulos de amido, ou seja, pequenas quantidades de caseína afetam o comportamento das ligações de uma suspensão de amido, onde a adsorção das proteínas do leite no grânulo de amido, através de interações hidrofóbicas, podem restringir a difusão da água nos grânulos de amido que resulta

em atraso e maior dificuldade de absorção da água pelo sistema, prejudicando a viscosidade e textura final do produto.

Outro parâmetro de textura avaliado foi a adesividade. Segundo Civille e Szczesniak (1973) a adesividade é definida como a energia necessária para superar forças atrativas entre a superfície do alimento e outros materiais com os quais o alimento está em contato, ou seja, é a força requerida para remover o material que adere ao palato durante o processo de mastigação. Para as sobremesas analisadas a adesividade variou 188,7%. Ao analisar a Figura 10, notou-se que para as sobremesas instantâneas quanto maior a quantidade de açúcar menor foi a adesividade, tendendo a valores positivos.



**Figura 10** Adesividade das sobremesas instantâneas experimentais. Superfície de resposta gerada pelo modelo experimental (em termos de pseudocomponentes): Área demarcada entre os pontos numerados demonstram o espaço experimental analisado.

Concordando com as regiões do gráfico, observou-se essa tendência de adesividade nula ou positiva, à medida que se aumentou a quantidade de açúcar e com diminuição dos

outros ingredientes, apresentando menos resistência para se soltar da probe ou sonda do texturômetro. Verificou-se através da superfície gerada que os maiores valores de adesividade (abaixo de -6) foram encontrados na grande região verde escura, delimitada pelo polígono J, K, 3, 4 e 2, 0,58:0,00:0,42, 0,15:0,18:0,67; 0,67:0,33:0,00; 0,33:0,67:0,00 e 0,00:0,67:0,33, ou em pseudocomponentes ou em proporções 52:10:38, 40:15:45, 55:20:25, 45:30:25 e 35:30:35, respectivamente. A FAPG e o açúcar não foram significativos, ao contrário do leite que apresentou significância quanto aos valores de adesividade dentro da área estudada. As interações entre os três ingredientes foram significativas, indicando que a adesividade foi influenciada pelas reações entre os componentes da farinha, do leite e do açúcar, com quantidades de FAPG variando entre 35 e 52%, leite entre 10 e 30% e açúcar entre 25 e 45%.

Próximo ao ponto central encontra-se localizada uma região onde se vislumbram os pontos em pseudocomponentes com suas respectivas formulações E (0,34:0,52:0,14), F (0,16:0,63:0,21), G (0,14:0,51:0,35) e H (0,30:0,39:0,31) referentes aos maiores valores de adesividade (acima de -8). Para melhor compreensão, estes pontos foram transformados em proporção ficando assim desta forma: E (45:26:29), F (40:29:31), G (39:25:36) e H (44:22:34). A área do gráfico que apresentou maior adesividade em módulo, variou entre quantidades mínimas de FAPG, entre 39 e 45%, altas concentrações de leite, 22 a 29% e baixa quantidade de açúcar, 29 a 36%.

Nas sobremesas analisadas, o leite apresentou influência significativa neste atributo, provavelmente devido ao aporte lipídico que fornece consistência e corpo, e à ação das proteínas contidas na sua composição que têm vantagem funcional de aumentar a viscosidade devido à sua capacidade de reter água e formar géis. A presença da caseína auxilia na formação do complexo gel protéico, fornecendo corpo e textura (CHARLEY; WEAVER, 1998; SANTOS et al., 2008).

A coesividade é tida como a razão entre as forças necessárias para que um alimento seja comprimido entre os dentes antes da ruptura, ou seja, força simulada para romper as ligações internas do gel (KALVIAINEN; ROININEN; TUORILA, 2000). Para as sobremesas instantâneas, este atributo deve apresentar valores pequenos, uma vez que não é interessante a extensibilidade do produto durante a mastigação, ao contrário, deseja-se que ele seja rompido facilmente. Forças coesivas são inversamente proporcionais à dureza e adesividade, porém interdependentes entre si. Uma maior interação entre as moléculas pode ter resultado em maior resistência e dureza do gel, impedindo que as partículas se desprendessem e grudassem na superfície do equipamento (ou na boca). Nas sobremesas estudadas, encontraram-se

valores próximos de zero (8,5% de variação), portanto o modelo gerado não sofreu influência dos componentes da mistura ( $p=0,2699$ ) (Apêndice A.6).

Zavareze et al. (2010), trabalhando com perfil textural de géis de amidos de arroz submetidos a temperaturas de 55 °C obtiveram valores de dureza de 34,77 N, coesividade de 0,78 e gomosidade de 27,06 N. Os valores de dureza, coesividade e gomosidade neste trabalho (Tabela 10) variaram de acordo com a quantidade de amido presente na formulação, apresentando valores próximos ao encontrado por esses autores em algumas formulações. A utilização da temperatura no processo de extrusão pode conduzir o amido a uma prévia ou total gelatinização, dependendo do parâmetro utilizado para modificação do amido, o que confere características texturais específicas, podendo influenciar diretamente componentes como a firmeza e a coesão dos géis formados.

Lobato (2006), estudando propriedades texturais de pudins com amido nativo de milho, leite e inulina, obteve valores de dureza entre 0,16 e 1,18 N, gomosidade entre 0,10 e 0,50 N, coesividade entre 0,58 e 0,76 e adesividade entre 0,02 e 0,13. Neste trabalho verificaram-se valores maiores para os parâmetros de dureza e gomosidade encontrados, valores próximos para coesividade e valores negativos para adesividade. Esta diferença de dureza e gomosidade pode ser atribuída ao fato de que na formulação das sobremesas instantâneas utilizou-se uma quantidade maior de amido previamente pré-gelatinizado, o que forneceu características texturais extremamente diferentes aos produtos investigados. A forma de preparo das sobremesas também diferiu, pois não houve utilização de aquecimento neste trabalho, não ocorrendo modificações causadas pelo calor, tais como desnaturação de proteínas, solubilidade de açúcares e rompimento de ligações. Já os valores negativos de coesividade podem ser devidos às características das interações entre os ingredientes durante o processo de batimento, como modificação em estruturas proteicas e dispersibilidade de glóbulos de gordura, já que estas sobremesas não sofreram processo de aquecimento durante o preparo, o que provavelmente poderia resultar na desnaturação das proteínas do leite, gelatinização total e rearranjo estrutural do gel de amido.

A análise textural permite a tomada de decisão quanto à quantidade limite de insumo utilizada de forma a obter-se a mesma resposta com o máximo de economia, otimizando assim todo o processo ou produto. Porém, sabe-se que impacto gerado pela cor como principal atributo da aparência, muitas vezes, se sobrepõe ao de outros atributos, constituindo-se frequentemente no primeiro critério para aceitação de um produto (CHAN; MARTINELLI, 1997).

### 5.3 COR DAS SOBREMESAS INSTANTÂNEAS

A cor dos alimentos, incluindo a das sobremesas instantâneas prontas, é um dos fatores de qualidade mais observados pelos consumidores, sendo uma característica sensorial importante para sua comercialização. A cor é diretamente influenciada pelas matérias-primas utilizadas na formulação dos alimentos. Os resultados para os parâmetros instrumentais de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  estão apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12.** Valores instrumentais de cor para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  referentes às nove formulações do delineamento experimental.

Misturas	Pseudocomponentes			$L^*$	$a^*$	$b^*$
5V	0,333333	0	0,666667	$88,13 \pm 0,19$	$-1,59 \pm 0,03$	$2,50 \pm 0,12$
1V	0,666667	0	0,333333	$80,51 \pm 0,29$	$-1,85 \pm 0,18$	$1,24 \pm 0,25$
3V	0,666667	0,333333	0	$86,57 \pm 0,90$	$-1,68 \pm 0,12$	$2,36 \pm 0,18$
7C	0,333333	0,333333	0,333333	$85,30 \pm 0,93$	$-1,95 \pm 0,57$	$1,90 \pm 0,25$
7C (1)	0,333333	0,333333	0,333333	$85,04 \pm 0,50$	$-1,93 \pm 0,70$	$1,94 \pm 0,21$
7C (2)	0,333333	0,333333	0,333333	$84,76 \pm 0,34$	$-1,89 \pm 0,14$	$1,87 \pm 0,15$
4V	0,333333	0,666667	0	$87,45 \pm 0,43$	$-1,75 \pm 0,08$	$2,67 \pm 0,10$
2V	0	0,666667	0,333333	$81,43 \pm 0,40$	$-1,82 \pm 0,08$	$1,09 \pm 0,27$
6V	0	0,333333	0,666667	$83,83 \pm 0,44$	$-2,09 \pm 0,07$	$1,44 \pm 0,06$

A partir dos dados instrumentais de cor obtidos no delineamento de mistura foram elaborados modelos matemáticos polinomiais que expressam a relação entre os pseudocomponentes e os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  das sobremesas instantâneas formuladas. Assim, o modelo polinomial ajustado, o nível de significância ( $p$ ), a falta de ajuste (FA) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  das sobremesas estão apresentados na Tabela 13. Para melhor ajuste dos modelos, foram removidos os termos não significativos.

**Tabela 13.** Modelos polinomiais ajustados, nível de significância (p), falta de ajuste (FA) e coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) para os parâmetros de cor L\*, a\* e b\* das sobremesas instantâneas em função dos níveis de farinha pré-gelatinizada de arroz ( $x_1$ ), leite ( $x_2$ ) e açúcar ( $x_3$ ).

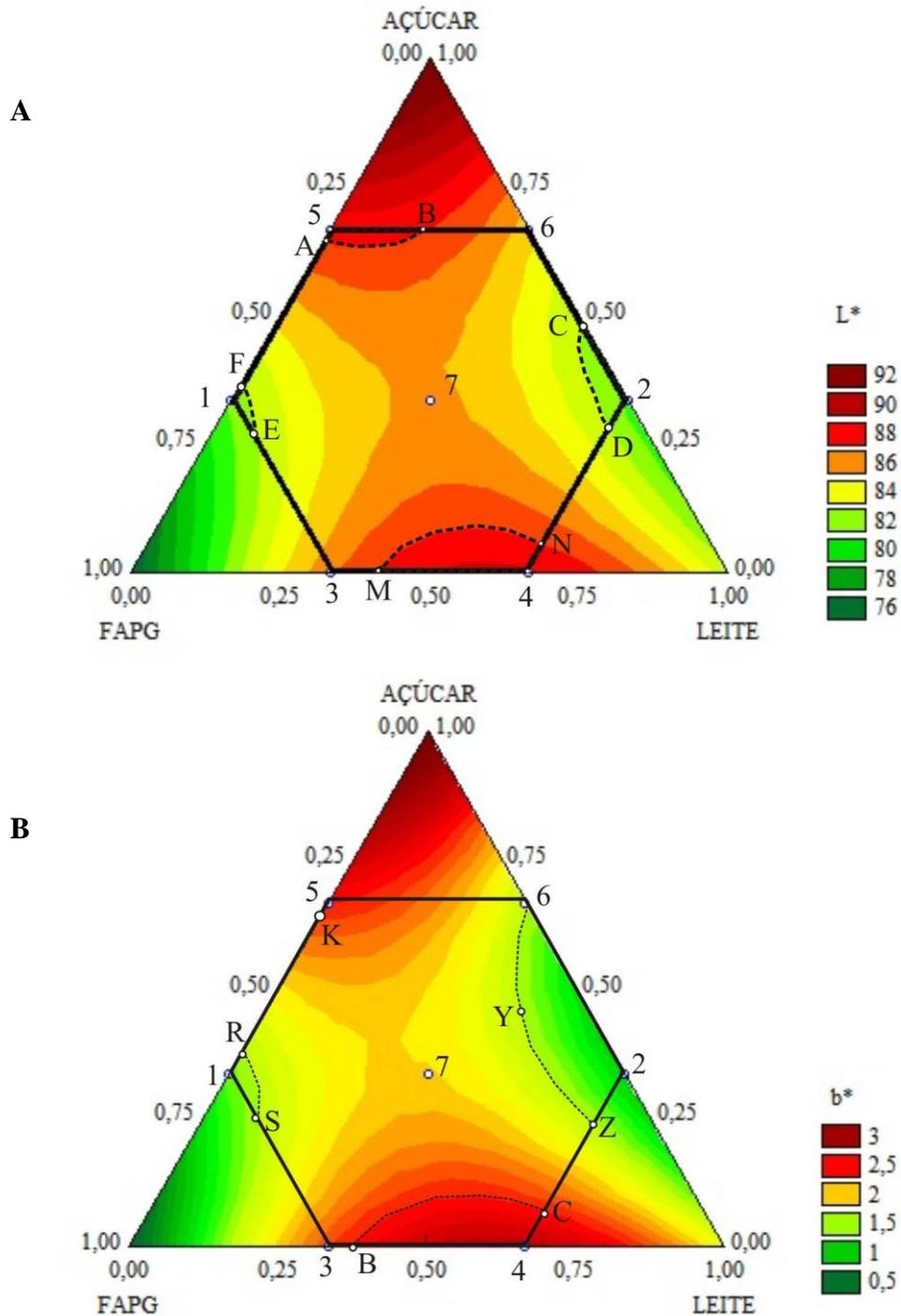
Parâmetro	Modelo	P	FA	$R^2$
L*	$y = 75,06x_1 + 82,34x_2 + 93,58x_3 + 37,17x_1x_2 - 24,21x_2x_3$	0,012	0,044	0,873
a*	$y = -1,92x_1 - 1,52x_2 - 1,58x_3 - 1,94x_2x_3^{ns}$	0,162 <sup>ns</sup>	0,049	0,378
b*	$y = 0,29x_1^{ns} + 1,80x_2 + 3,45x_3 + 6,62x_1x_2 - 6,12x_2x_3$	0,002	0,031	0,949

<sup>ns</sup> Efeitos não foram significativos, porém foram mantidos para melhoria do ajuste do modelo

Os modelos para os parâmetros de cor L\* e b\* foram significativos, enquanto que para o croma a\* não houve significância estatística. Os modelos significativos apresentaram coeficientes de determinação explicando entre 87,3 e 94,9% das respostas. O croma a\* foi apresentado por possuir alguns efeitos significativos, não podendo ser utilizado para fins preditivos, mas sim para verificar a tendência da resposta. Os efeitos da quantidade de FAPG, leite e açúcar foram significativos ( $p \leq 0,05$ ) em todos os modelos analisados, com exceção do teor de FAPG no modelo de b\*. Para a luminosidade, o efeito da interação da FAPG com o leite e do açúcar com o leite foram significativas ( $p \leq 0,05$ ). Para o croma b\*, as interações entre a FAPG e o leite ( $x_1x_2$ ) e entre o leite e o açúcar ( $x_2x_3$ ) foram significativas ( $p \leq 0,05$ ). O efeito da interação entre o leite e o açúcar não foi significativo para o croma a\* ( $p = 0,07$ ), porém optou-se por mantê-lo, pois com a manutenção deste efeito o modelo apresentou maior coeficiente de determinação ajustado (Apêndices B<sub>1</sub> a B<sub>3</sub>).

Pela análise de variância verificou-se que, para os parâmetros L\* e b\* houve significância estatística do modelo, como também para a falta de ajuste ( $p \leq 0,05$ ). Porém, Waszczyński, Rao e Da Silva (1981) sugerem que na análise de variância, sempre que o quadrado médio (QM) do erro puro assumir valores extremamente baixos em relação ao erro total, a falta de ajuste significativa deve ser considerada irrelevante. No caso da luminosidade, o erro puro para o QM foi de 0,07, e para o valor de b\* este valor foi de 0,001, e o percentual deste em relação ao erro total foi de 1 e 0,3% respectivamente, podendo-se considerar que os valores do erro puro foram extremamente pequenos em relação ao erro total, o que torna os modelos considerados preditivos. Os gráficos de curvas de nível elaborados a partir dos

modelos ajustados para  $L^*$  e croma  $b^*$  das sobremesas instantâneas prontas estão apresentados na Figura 11. Os vértices de cada extremidade da área demarcada destes gráficos representam os valores máximos em pseudocomponentes de cada componente da mistura.



**Figura 11.** Luminosidade (A) e croma  $b^*$  (B) em função das proporções de farinha pré-gelatinizada de arroz, leite e açúcar, em pseudocomponentes. A área demarcada entre os pontos experimentais demonstra a área do gráfico analisada.

A luminosidade está relacionada com a quantidade de luz que é refletida pela amostra, ou seja, quanto mais luz é refletida, maior será o valor de  $L^*$  e vice-versa. Este componente expressa a intensidade do branco nas amostras (TEBA, 2009). Observou-se uma tendência a maior luminosidade quanto maior a quantidade de açúcar (valores acima de 88), como pode ser visualizado na Figura 11.A. Em quantidades intermediárias de leite e FAPG e açúcar obtém-se luminosidade intermediária, sendo representado pelo ponto 7. Observou-se que a máxima quantidade de FAPG com quantidades pequenas de açúcar e leite causa uma diminuição na luminosidade, provavelmente pelo fato de a farinha pré-gelatinizada ser mais escura que os outros ingredientes.

Valores maiores de luminosidade (acima de 88) dentro da área estudada foram encontrados em regiões compreendidas entre os pontos experimentais A, B e 5, ou seja, formulações de FPG:Leite:Açúcar em pseudocomponentes de 0,36:0,00:0,64; 0,20:0,14:0,66 e 0,33:0,00:0,67, que equivalem às concentrações de 46:10:44; 41:14:45 e 45:10:45 respectivamente. Portanto, observaram-se os maiores valores de luminosidade em quantidades intermediárias de FAPG (41 a 46%), baixas proporções de leite (10 a 14%) e altas proporções de açúcar (44 a 45%).

Houve também uma tendência a valores altos de luminosidade (acima de 88) na área do gráfico compreendida entre os pontos M, N e 4, com valores em pseudocomponentes de 0,58:0,42:0,00; 0,29:0,66:0,05 e 0,33:0,67:0,00 que equivalem a concentrações de 52:23:25; 44:30:26 e 45:30:25. Observaram-se os maiores  $L^*$  em proporções de FAPG com concentrações intermediárias, variando entre 42 e 45%, contando à partir do ponto 4 em direção ao ponto M; leite com concentrações intermediárias a elevadas, de 23 a 30%, contando à partir do ponto M em direção ao ponto 4; e açúcar variando de 25 a 26%, ou seja em proporções mínimas deste componente.

A luminosidade resultou-se alta à medida que a quantidade de FAPG diminuía. A FAPG pode conter pigmentos pardo-escuros resultantes da reação de Maillard e caramelização sofridas durante o processo de extrusão. Porém a região com quantidades mínimas de FAPG e quantidades maiores de leite também apresentaram uma tendência a menor luminosidade provavelmente devido aos pigmentos presentes no leite. Uma maior presença de açúcar também causa maior luminosidade, pois a superfície vítrea dos cristais do açúcar têm a capacidade de refletir a luz. Observou-se também uma área de valores médios de luminosidade em quantidades intermediárias de FAPG, leite e açúcar, representada no gráfico pelo ponto central experimental de número 7, com proporções de 45:20:35.

Valores mínimos de luminosidade (abaixo de 84) foram encontrados dentro da área estudada em regiões compreendidas entre os pontos E, F e 1, ou seja, formulações em pseudocomponentes de 0,66:0,06:0,28; 0,63:0,00:0,37 e 0,67:0,00:0,33, com proporções respectivas de 55:12:33, 54:10:36 e 55:10:35. Isso significa que, misturas com quantidades máximas de FAPG (54 a 55%), mínimas de leite (10 a 12%) e mínimas a intermediárias de açúcar (33 a 36%) apresentaram-se mais escuras provavelmente devido ao aumento da presença da FAPG na formulação. Valores entre os pontos C, D e 2, ou seja, formulações em pseudocomponentes de 0,00:0,52:0,48; 0,06:0,65:0,29 e 0,00:0,67:0,33, com proporções de 35:26:39, 37:30:33 e 35:30:35 respectivamente, também apresentaram valores mínimos de luminosidade (abaixo de 84). Nas regiões do gráfico com menores valores de  $L^*$ , verificou-se quantidades pequenas de FAPG (35 a 37%), elevadas de leite (26 a 30%) e intermediárias de açúcar (33 a 39%). Esses valores de luminosidade para as sobremesas instantâneas prontas situaram-se mais próximos do intermediário desta coordenada de cor (84 a 86). Comparando-se as duas regiões de mínimo, verificou-se que na região E, F e 1 do gráfico houve maior quantidade de FAPG que conferiu uma coloração mais escura que a da região C, D e 2, onde houve uma maior quantidade de leite em pó, que também possui pigmentos escuros resultantes da reação de Maillard e caramelização sofridas durante o processo de secagem, porém que não foram suficientes para diminuir a luminosidade em relação ao efeito de FAPG.

Com relação à coordenada  $a^*$ , este croma não apresentou modelo significativo, ou seja, os diferentes fatores dos ingredientes não afetaram a coordenada  $a^*$ . As formulações apresentaram valores entre -2,0 e -1,5 (33,3% de variação) (Tabela 12), sendo verificada uma tendência a valores próximos à neutralidade em todas as sobremesas, sendo que produtos da caramelização e pigmentos do leite em pó resultantes de reações de Maillard não foram suficientes para modificarem essa coordenada.

Observou-se uma tendência a menor croma  $b^*$  (Figura 11.B) quanto menor a quantidade de leite e açúcar e maior quantidade de FAPG nas amostras de sobremesa instantânea, tendendo a amostras menos amareladas. Menores valores de croma  $b^*$  (1 a 1,5) foram obtidos com quantidade máxima de FAPG e mínima de leite e açúcar. Dentro da área de estudo, temos a região do gráfico formada pelos pontos S, R e 1, ou seja, formulações em pseudocomponentes de 0,65:0,11:0,24; 0,63:0,00:0,37 e 0,67:0,00:0,33 (proporções respectivas de 55:13:32; 54:10:36 e 55:10:35). Isso se deve provavelmente à menor quantidade de leite, o que implica em menor concentração de compostos lipossolúveis tais como carotenos e riboflavina que conferem essa coloração. Baixas concentrações de FAPG

aliadas a interações entre o leite e o açúcar também tendem a produzir sobremesas com baixos valores de  $b^*$ , ou seja, menos amareladas. As regiões do gráfico dentro das áreas pontilhadas delimitadas pelos pontos experimentais Z (0,10:0,67:0,23), Y (0,10:0,47:0,43), 2 (0,00:0,67:0,33) e 6 (0,00:0,33:0,67) equivalem a proporções de 38:30:32; 38:24:38; 35:30:35 e 35:20:45 respectivamente. Essas concentrações de FAPG variaram entre 35 e 38%, de leite entre 20 e 30% e açúcar entre 32 e 45%, representando essa tendência à neutralidade da cor. Isso ocorreu provavelmente porque a farinha não exerceu influência significativa na coloração, porém sua interação com o leite e a interação deste com o açúcar podem ter contribuído para que houvesse essa tendência à neutralidade.

Entre os pontos B, C e 4 representados em pseudocomponentes por 0,63:0,37:0,00; 0,27:0,67:0,07 e 0,33:0,67:0,00 e respectivas proporções 54:21:25; 43:30:27 e 45:30:25 nota-se que, abaixo de B (0,63:0,37:0,00) para FAPG e acima de B (0,63:0,37:0,00) para leite encontram-se os maiores valores para o croma  $b^*$  (entre 2,5 e 3,0), variando as quantidades de FAPG (43 a 54%), leite (21 a 30%) e açúcar (25 a 27%). Essa tendência também foi observada mantendo-se a quantidade máxima de açúcar, mínima de leite e com a quantidade de FAPG abaixo de K (0,37:0,00:0,63), obtendo-se assim sobremesas que tenderam para a coloração mais amarelada. Novamente a quantidade de FAPG não influenciou significativamente, porém a quantidade de leite e sua interação com os outros ingredientes foi significativa.

A influência da FAPG na coloração das sobremesas tem relação direta com o processo de extrusão. O aumento da presença de pigmentos amarelos pode ter ocorrido em função da caramelização ou da reação de Maillard. Estas reações ocorrem principalmente em materiais que apresentam teores relativamente altos de amido, como é o caso do arroz (GUTKOSKI; EL-DASH, 1999). A presença do leite em pó integral também justifica as nuances de coloração amarelada, apesar de a diluição reduzir esta cromaticidade durante a adição de água para a formulação, provavelmente pela presença da caseína que se encontra na forma de dispersão coloidal formando partículas de tamanho variável. Essas partículas dispersam a luz e conferem ao leite sua cor branca característica recebem o nome de micelas. O leite em pó, durante seu processo de fabricação, sofre reação de Maillard. Durante esta reação, há formação de hidroximetil-furfural (HMF), que é utilizado para medir o grau desta reação, e é um pigmento originalmente pardo-escuro (STAPELFELDT; NIELSEN; SKIBSTED, 1997).

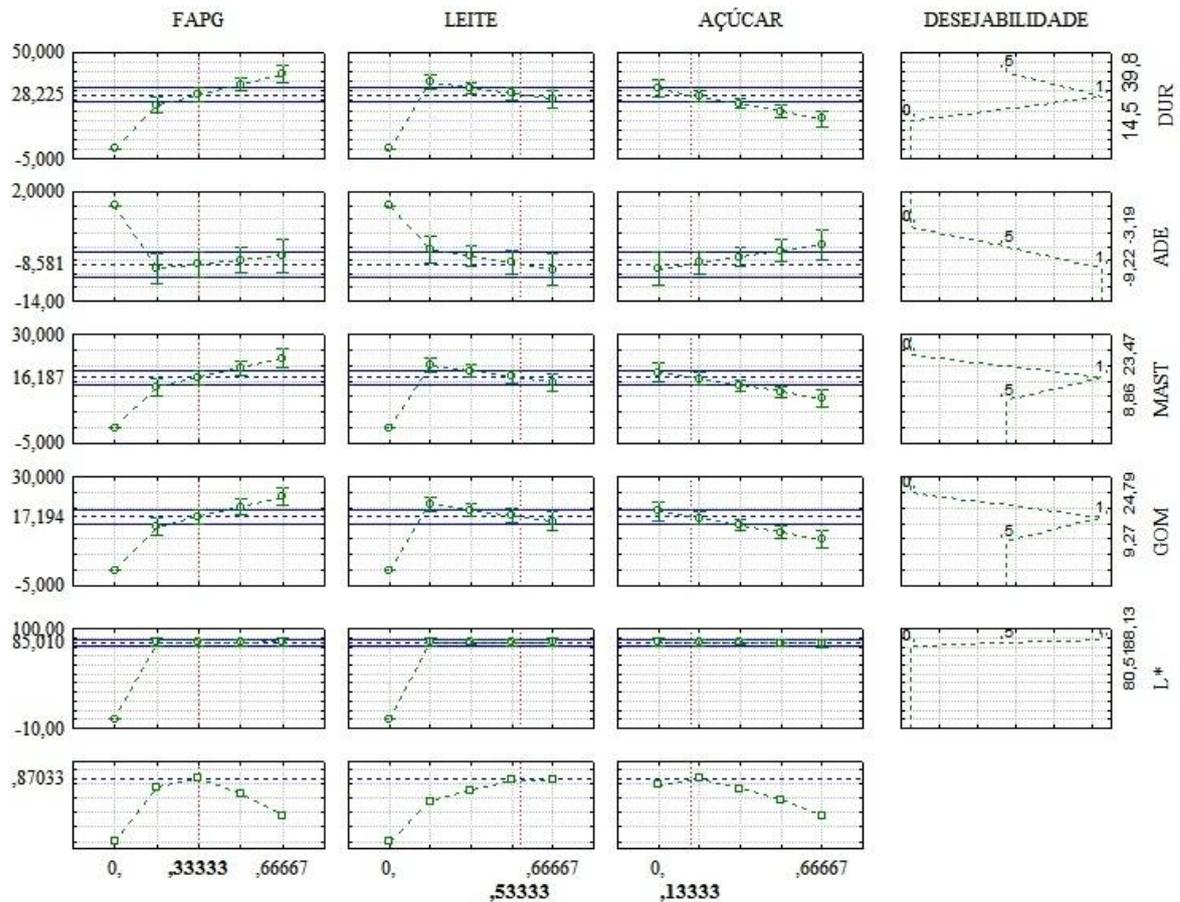
Ratanatriwong, Evrendilek e Zhang (2008), trabalhando com formulação de pudim de arroz contendo goma, açúcar, ovos e sabor, encontraram para esta sobremesa valor para  $L^*$  de

74,5 e  $b^*$  de 11,4, luminosidade essa mais escura que a encontrada no presente trabalho, e com cromaticidade mais amarelada, provavelmente devido aos ovos utilizados na formulação. Quanto à coordenada  $a^*$ , estes autores obtiveram valor de -2,0, obtido também neste estudo indicando ausência de coloração avermelhada. A FAPG possui cor adequada para a industrialização de uma gama grande de produtos, inclusive os produtos onde seja desejável a obtenção de cores claras, como os com sabores chocolate branco, côco, entre outros.

Vidigal (2009), estudando características sensoriais de sobremesa *diet* com amido de milho, obteve valor 80,2 de luminosidade, semelhante ao encontrado neste trabalho. Este mesmo autor obteve valores de -3,4 e 8,69 (Tabela 12) para as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ , obtendo sobremesa com ausência de coloração vermelha (próxima ao neutro) e mais amarelada que a sobremesa experimental deste estudo, provavelmente devido aos carotenóides presentes no milho. Assim possivelmente as diferentes observações entre os parâmetros instrumentais de cor das amostras estudadas pelos autores citados e do presente trabalho são decorrentes da composição, da qualidade e quantidade dos pigmentos existentes nas matérias-primas utilizadas nas diferentes formulações.

#### 5.4 TESTE DE DESEJABILIDADE

A partir dos modelos experimentais dos parâmetros instrumentais de cor e do perfil textural significativo, realizou-se o teste de desejabilidade para a definição da formulação final da sobremesa instantânea. Em um delineamento de misturas é desejável encontrar a otimização global entre os ingredientes variáveis da mistura, simultaneamente. Por compromisso ótimo entende-se encontrar níveis de operação dos parâmetros de projeto, de tal modo que cada característica do produto esteja o mais próximo possível de seu valor ideal (WURL; ALBIN, 1999). O perfil de desejabilidade traçado pode ser observado na Figura 12.



**Figura 12.** Perfil para valores preditos e desejabilidade.

Para a determinação da formulação mais desejada atribuiu-se notas de desejabilidade para os parâmetros de textura que foram significativos: Dureza (N), Adesividade (Ns), Mastigabilidade (N) e Gomosidade (N); e para o parâmetro de cor luminosidade (L\*). Com relação às notas atribuídas, 0 (zero) relacionou-se aos valores menos desejáveis e 1 (um) aos mais desejáveis. Para a dureza, o valor de 14,58 recebeu nota zero, e 27,21 recebeu nota um, sendo que o maior valor de 39,85 recebeu nota 0,5. E assim procedeu-se com os outros atributos. Para adesividade -9,21 recebeu nota um e -3,19 recebeu nota zero. Para mastigabilidade o valor médio (16,17) recebeu nota um e o valor maior (23,47) recebeu nota zero; Para gomosidade atribuiu-se nota um ao valor médio (17,04) e nota zero para o maior valor (24,79); Para luminosidade recebeu nota um o valor 88,13 e nota zero o valor de 80,51. Desejou-se, portanto, uma sobremesa com dureza, mastigabilidade e gomosidade intermediária, mais adesiva e com maior luminosidade. Para definição dos valores da desejabilidade para a textura, utilizaram-se os parâmetros texturais instrumentais da sobremesa comercial padrão (Tabela 14). Para a luminosidade, intencionou-se valorizar a cor

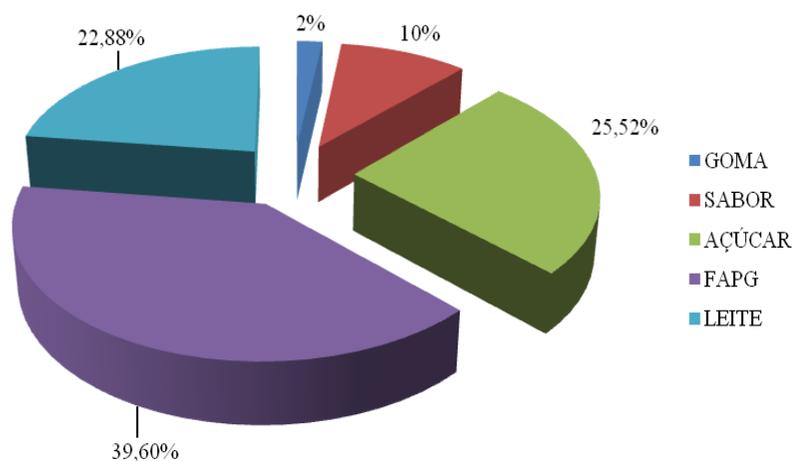
branca da sobremesa, corroborando com o sabor escolhido (chocolate branco), isentando-se a adição de corantes, e para tanto não se utilizou nenhuma sobremesa padrão, somente o padrão branco do equipamento.

**Tabela 14.** Perfil textural da sobremesa comercial padrão utilizada como parâmetro no teste de desejabilidade.

Parâmetros de textura	Valores <sup>a</sup>
Adesividade (Ns)	-14,57 ± 0,90
Coesividade	0,58 ± 0,02
Dureza (N)	26,10 ± 4,36
Elasticidade	0,91 ± 0,00
Gomosidade (N)	15,13 ± 2,24
Mastigabilidade (N)	13,72 ± 2,02

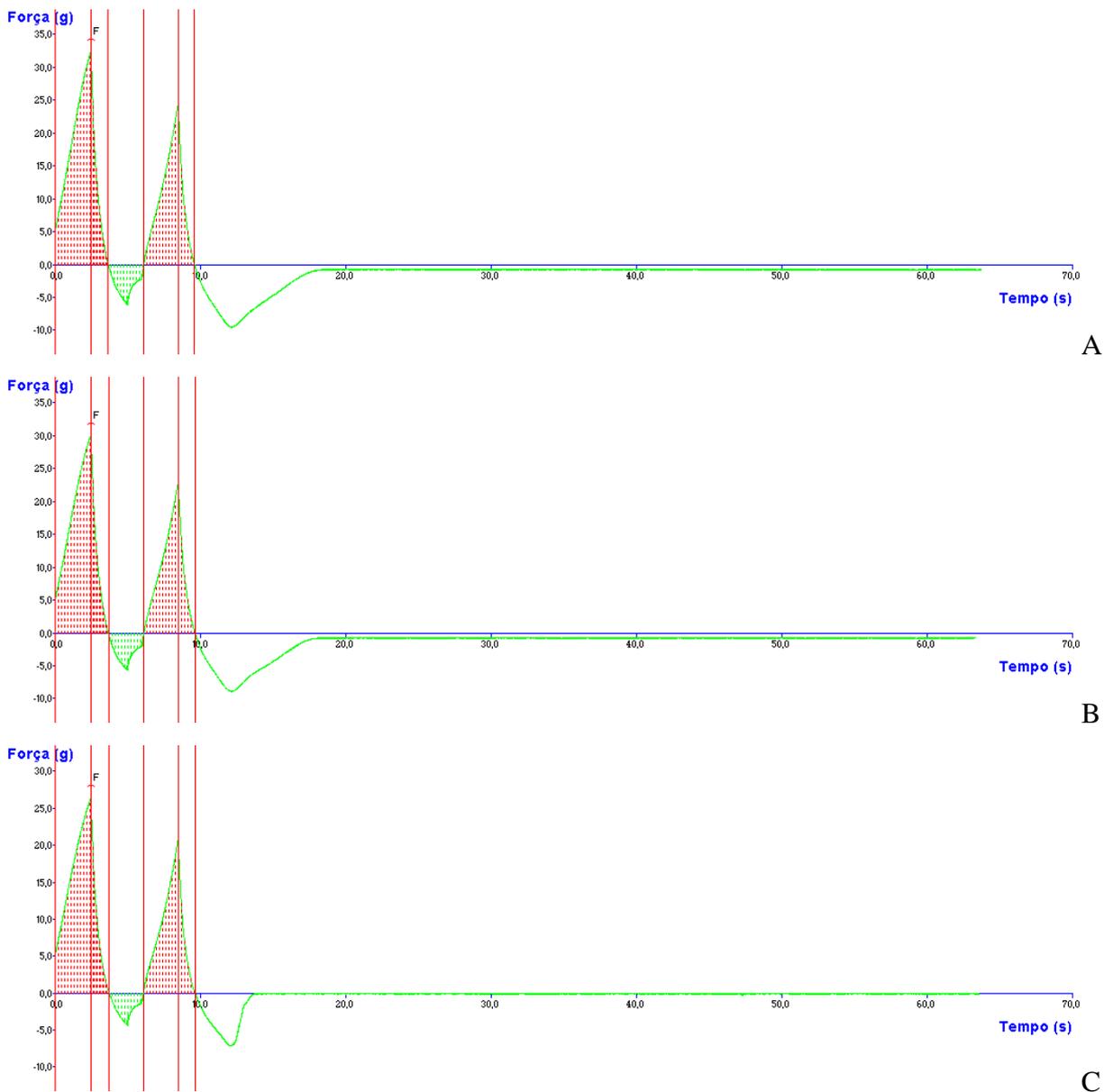
<sup>a</sup> Valores constituem média ± desvio-padrão de dez repetições.

O resultado do teste de desejabilidade indicou como a formulação mais desejada a mistura 0,33:0,53:0,13 em pseudocomponentes, ou proporções de 45% de FAPG, 25% de leite e 28% de açúcar. Com o perfil desenhado foi possível chegar aos valores de uma formulação de sobremesa instantânea pronta sabor chocolate branco (Figura 13).



**Figura 13.** Formulação final para a mistura em pó para sobremesa instantânea sabor chocolate branco.

Os valores fornecidos pela ferramenta da desejabilidade foram utilizados nessa validação com o objetivo de gerarem-se padrões teóricos com fins preditivos, para posterior comparação e comprovação da eficiência da mistura, calibração do texturômetro e acurácia da otimização. Os gráficos de perfil textural da mistura em pó para sobremesa instantânea com maior desejabilidade podem ser visualizados na Figura 14, onde pôde-se observar o comportamento da sobremesa frente às forças exercidas pelo equipamento.



**Figura 14.** Gráficos do perfil de textura instrumental da sobremesa final com valores variando acima e abaixo do ponto experimental de maior desejabilidade.

Os gráficos representaram uma curva de força *versus* tempo, onde se registrou, de

acordo com a geometria usada no teste, a variação da textura da sobremesa de maior desejabilidade, relacionando e correlacionando picos de força e áreas geradas por estes picos durante dois ciclos de compressão. O primeiro pico de força identificou a dureza, a razão entre as áreas destes ciclos de aplicação de força indicaram valores de coesividade e a área negativa correspondeu à força negativa que indicou a adesividade. Verificou-se uma consistência entre os resultados obtidos, sendo que o gráfico da Figura 14.B apresentou valores médios obtidos durante a análise, e os gráficos da Figura 14.A e 14.B apresentaram seus desvios dentro da análise.

## 5.5 VALIDAÇÃO DO MODELO

A validação dos modelos utilizados, confrontando os resultados encontrados com os esperados foi feita utilizando-se os resultados de textura e luminosidade obtidos (Tabela 11 e 13) levando em consideração apenas os que apresentaram significância estatística.

Com relação aos resultados de textura, pode-se afirmar que o modelo predito corroborou com os valores encontrados analiticamente, ou seja, obteve-se uma mistura em pó para sobremesa instantânea com as características texturais próximas às previstas pelos modelos, com porcentagens de variação de 34,8% para adesividade, 6% para dureza, 7,7% para gomosidade, 9,7% para mastigabilidade e 1,2% para luminosidade. Os valores equacionados foram calculados com base nas equações obtidas através dos coeficientes estatísticos do delineamento de misturas para os atributos relacionados na Tabela 15. As diferenças entre os valores analisados e calculados estão relacionados aos erros experimentais e ao coeficiente de determinação das equações.

**Tabela 15.** Resultados de textura encontrados e esperados da formulação para sobremesa instantânea pronta, de acordo com modelos preditos.

Parâmetros	Analisados	Equacionados
Adesividade (Ns)	-6,72 ± 1,17	-9,06
Coesividade	0,62 ± 0,01	P não significativo
Dureza (N)	28,16 ± 2,82	26,57
Elasticidade	0,96 ± 0,01	P não significativo
Gomosidade (N)	17,31 ± 1,48	16,07
Mastigabilidade (N)	16,52 ± 1,36	15,06
Luminosidade (L*)	87,21 ± 0,40	86,21

## 5.6 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA SOBREMESA DE MAIOR DESEJABILIDADE

Com a formulação final da mistura em pó para sobremesa instantânea definida, realizou-se análises para determinação da composição centesimal. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 16.

**Tabela 16.** Composição centesimal aproximada ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) da mistura em pó para sobremesa instantânea.

Componente <sup>a</sup>	Sobremesa instantânea
Umidade	$5,38 \pm 0,20$
Cinzas	$1,63 \pm 0,02$
Proteínas	$9,59 \pm 0,08$
Lipídios totais	$6,25 \pm 0,11$
Carboidratos <sup>b</sup>	77,15

<sup>a</sup> Valores constituem média  $\pm$  desvio-padrão de três repetições.

<sup>b</sup> Calculado por diferença, subtraindo-se de 100 os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios e cinzas.

A mistura em pó para sobremesa instantânea desenvolvida neste trabalho é um alimento inovador no mercado, que ainda possui pouca exploração no que diz respeito à composição centesimal. Dors, Castiglione e Augusto-Ruiz (2006) desenvolveram uma mistura em pó com a utilização de farinha de arroz crua para a elaboração de um produto similar a um “flan”, obtendo valores de umidade (3,17%), proteína (11,08%), gordura (5,66%), cinzas (1,95%) e carboidratos (78,14%), enquanto Nikaedo et al. (2004) desenvolveram uma sobremesa láctea achocolatada cremosa, utilizando como insumos o concentrado protéico de soro (CPS), leite em pó integral, gomas carragena e guar, açúcar, chocolate em pó e sorbato. Segundo Nikaedo e colaboradores, o teor de lipídios variou de 1,40% a 3,27%, as cinzas ficaram entre 0,45% a 0,91% e proteínas entre 2,53% a 3,13%, dependendo da proporção de CPS e goma utilizados.

O teor de lipídios encontrado para a mistura deste trabalho ficou acima dos relatados (6,25%), isso pode ter ocorrido pela diferença entre os insumos variáveis em cada trabalho, como o leite em pó e o arroz utilizado para a elaboração da FAPG. É válido lembrar que, sendo os grãos quebrados um subproduto da indústria arroseira, podem vir com traços de farelo de arroz, que é rico em lipídios, interferindo no resultado final.

O alto teor de carboidratos encontrado era esperado, uma vez que é um produto constituído basicamente por FAPG e açúcar, e ficou próximo ao determinado por Dors, Castiglione e Augusto-Ruiz (2006) que foi de 78,30%. Quando comparado com o valor descrito no rótulo do produto comercial padrão (86,00%) que compõe-se de açúcar, amido modificado, composto lácteo com gordura vegetal, espessantes (carragena e goma guar) e aromatizantes, apresentou teor mais baixo, provavelmente pela diferença nos insumos constituintes da mistura, bem como suas proporções na mesma. Os dois trabalhos utilizaram farinha de arroz pré-gelatinizada, porém a quantidade dessa farinha bem como outras fontes de carboidratos podem ter contribuído para essas diferenças entre os resultados, principalmente quando compara-se com o padrão comercial, cuja procedência do amido modificado não é relatada no rótulo.

O produto desenvolvido por Dors Castiglione e Augusto-Ruiz (2006), apresentou um valor de cinzas igual a 1,95%, próximo ao encontrado neste trabalho (1,63%). Quanto ao teor de proteínas, os mesmos autores encontraram um valor de 11,08%, sendo este mais alto do que o aqui determinado (9,59%). Tal fato pode explicar-se devido aos insumos utilizados para compor a mistura em cada trabalho, assim como as proporções utilizadas, principalmente do leite e da FAPG, que são as principais fontes protéicas.

Pelo teor de umidade encontrado (5,38%) pode-se afirmar que a mistura em pó para sobremesa instantânea é um alimento seco, com baixa quantidade de água disponível, o que permite ao mesmo ser armazenado em temperatura ambiente. Porém, o baixo teor de umidade implica em um alimento com alta higroscopicidade, característica esta que já é acentuada neste produto pelo uso da farinha pré-gelatinizada e que pode ser minimizada com a utilização de embalagem apropriada.

## 5.7 CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA SOBREMESA INSTANTÂNEA DE MAIOR DESEJABILIDADE

Após as análises físicas e químicas, partiu-se para a caracterização microbiológica da formulação final, a qual demonstrou que o produto está de acordo aos padrões microbiológicos estabelecidos pela Resolução RDC nº 12 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde de 02 de janeiro de 2001 para farinhas e alimentos instantâneos, como pode ser observado na Tabela 17.

**Tabela 17.** Resultados das análises microbiológicas para a mistura em pó para a sobremesa instantânea formulada com farinha de arroz pré-gelatinizada (FAPG), leite em pó, açúcar, goma guar e saborizador (chocolate branco).

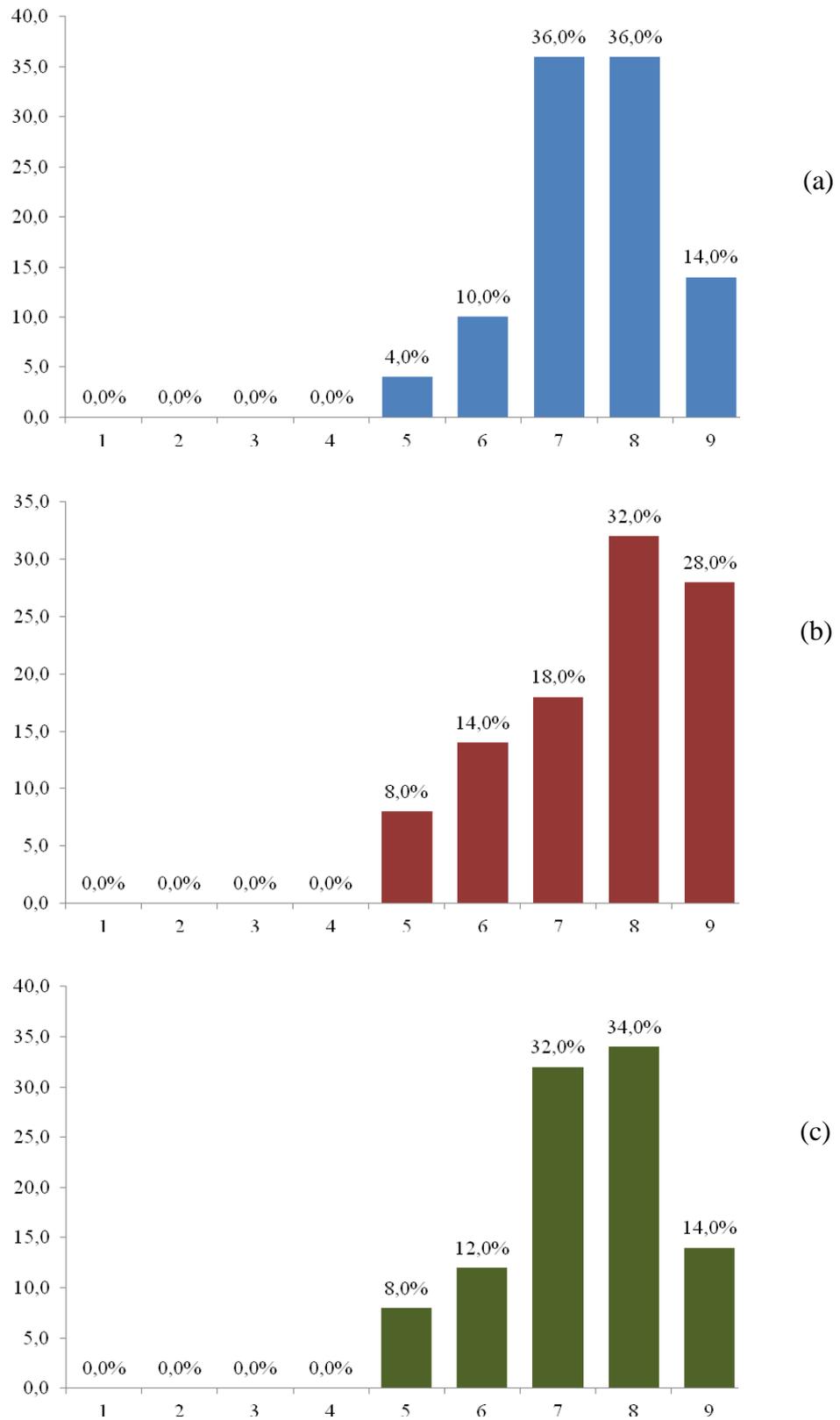
<b>ANÁLISES REALIZADAS</b>	<b>RESULTADOS ENCONTRADOS</b>	<b>LIMITES PERMITIDOS (VMP*)</b>
Contagem de Coliformes a 45°C	<100 UFC/g	5 x 10 <sup>3</sup> UFC/g
Contagem de <i>Bacillus cereus</i>	<100 UFC/g	5 x 10 <sup>2</sup> UFC/g
Contagem de Estafilococos coagulase positiva	<100 UFC/g	5 x 10 <sup>2</sup> UFC/g
Contagem de Bolores e Leveduras	<1 UFC/g	---
Pesquisa de presença de Salmonella sp	Ausência em 25g	Ausência em 25g

\*VMP: Valor Máximo Permitido

## 5.8 ACEITAÇÃO DA SOBREMESA INSTANTÂNEA DE MAIOR DESEJABILIDADE

Na análise sensorial, obtiveram-se os resultados referentes à aceitação do produto nos quesitos sabor, textura e avaliação global (Figura 15). Esta aceitação avaliou-se o quanto um consumidor gostou ou desgostou da sobremesa instantânea pronta.

Como pré-definido na metodologia, o produto seria considerado aceito se obtivesse maior frequência de notas maiores ou iguais a 6 (gostei ligeiramente). Pode-se afirmar observando a Figura 15 que a sobremesa foi aceita em todos os atributos analisados. Para o sabor, 96% das notas ficaram entre 6 e 9, sendo as notas 7 (gostei moderadamente) e 8 (gostei muito) as notas mais obtidas. Já nos parâmetros textura e avaliação global 92% das notas ficaram acima ou igual ao ponto de corte definido, sendo a maior frequência para a nota 8.

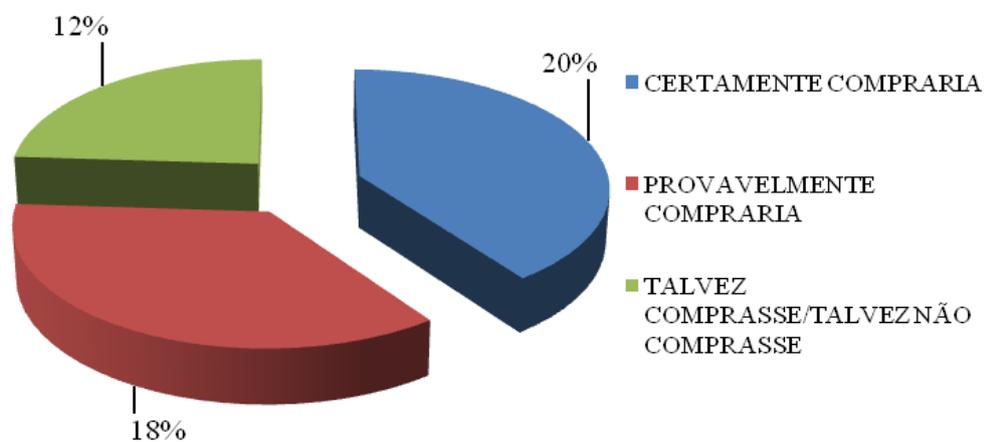


**Figura 15.** Frequência relativa para o teste de aceitação da sobremesa instantânea referente aos parâmetros sabor (a), textura (b) e avaliação global (c).

Verificou-se, portanto, que as amostras tiveram uma média de 36% de aceitação para o atributo sabor, 32% para o atributo textura e 33% para o atributo global. Dors, Castiglione e Augusto-Ruiz (2006), durante a análise de aceitação de uma sobremesa de amido modificado de arroz, obtiveram uma média de 35% de aceitação, corroborando com os resultados obtidos. Buriti; Castro e Saad (2010), avaliando mousses de goiaba simbióticos, também utilizaram teste de aceitação, registrando notas entre 7,2 e 8,0. Os autores utilizaram uma escala hedônica híbrida de 10 pontos avaliando atributos como sabor, textura, aparência e aroma.

Durante a avaliação sensorial, também foi verificada a intenção de compras dos provadores em questão (Figura 16). Pode-se afirmar que 100% dos provadores tiveram algum tipo de intenção de compra para a sobremesa instantânea sabor chocolate branco, sendo que, do total de 50 provadores, 20% certamente comprariam o produto.

A mistura em pó para sobremesa instantânea sabor chocolate branco apresentou características texturais, microbiológicas e sensoriais satisfatórias, podendo ser uma boa alternativa no mercado de sobremesas.



**Figura 16** Intenção de compra para a sobremesa instantânea.

## 6 CONCLUSÕES

É possível a obtenção de farinha pré-gelatinizada a partir de grãos quebrados de arroz, como parte do reaproveitamento de um subproduto da indústria arroseira.

Pôde-se observar que o processo de extrusão causa uma série de mudanças químicas e bioquímicas nos componentes do grão de arroz, promovendo interações e modificações de estrutura tais como pré-gelatinização do amido resultando em maior aumento da absorção e solubilidade em água, mudanças de coloração, influenciando diretamente nas propriedades tecnológicas dessa farinha produzida.

Verificou-se que os atributos de textura se alteram conforme a quantidade de farinha pré-gelatinizada de arroz, leite em pó e açúcar utilizados, podendo-se conduzir a formulação para o tipo de produto que se intenciona obter. Sendo assim, pôde-se produzir uma sobremesa sem auxílio de calor, com características instantâneas e com textura e cor desejáveis.

As ferramentas estatísticas para delineamento de misturas e desejabilidade podem ser utilizadas para tomada de decisão em formulações de acordo com as características pretendidas no produto, bem como definirem-se quantidades limite de ingredientes dentro de uma faixa, de forma que mesmo alterando a proporção de um deles, os atributos testados mantenham-se estáveis.

Os resultados neste trabalho permitiram ampliar as possibilidades de aplicação da farinha de arroz pré-gelatinizada como ingrediente na indústria alimentícia, aumentando e valorizando o aproveitamento de resíduos dentro da indústria de beneficiamento de arroz.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, R. M. L.; GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S. S. F. Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. **Food Chemistry**, Barking, v. 67, p. 123-127, 1999.
- ANDERSON, R. A. CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIF-FN, L. J. Gelatinization of corn grift by roll and extrusion cook. **Cereal Science Today**, Saint Paul, v. 14, n. 1, p. 4-11, 1969.
- ANZALDUA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica**. Zaragoza: Acribia. 1994. 98 p.
- AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**: Food composition, additives, natural contaminants. 18 ed., v. 2, Gaithersburg: AOAC International, 2005.
- APHA: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2001, 676 p.
- APOLÔNIO, L. R.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; SOUZA, A. V. C.; SILVA, F. C. O. BÜNZEN, S. Digestibilidade ideal de aminoácidos de alguns alimentos, determinada pela técnica de cânula T simples com suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 605-614, 2003.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos**: teoria e prática. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 478p.
- ARES, G.; BAIXAULI, R.; SANZ, T.; VARELA, P.; SALVADOR, A. New functional fibre in Milk puddings: Effect of sensory properties and consumers acceptability. **Food Science and Technology**, Oxford, v. 42, p. 710-716, 2009.
- ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L.R. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 325-335, 2006.
- ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 897-905, 2006.
- ASP, N.; BJÖRCK, I. Nutrition properties of extruded foods. In: MERCIER, C.; LINKO, D.; HARPER, J.M. (Eds.) **Extruding cooking**. Minnesota: American Association of Cereal Chemistry, 1989. p. 399-434.
- AUGUSTO-RUIZ, W.; BONATO, S.; ARRIECHE, L. S.; ALVES, F. V. Produto alimentício elaborado com farinha pré-gelatinizada de grãos quebrados de arroz. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 14, n. 1, p. 35-42, 2003.
- BARBOSA, L. N.; GARCIA, L. V.; TOLOTTI, K. D.; GOELLNER, T.; AUGUSTO-RUIZ, W.; SANTO, M. E. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. **Revista Veter**, Rio Grande, v. 16, n. 1/2, p. 11-20, 2006.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas: Unicamp, 2001. 401p.

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

BASSINELLO, P. Z.; ROCHA, M. da S.; COBUCCI, R. de M. A. **Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 84).

BATISTA, K. A. **Extrusão de farinha de feijão *hard to cook*: Características bioquímicas e propriedades funcionais**. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. p. 90.

BODINSKI, L. H. **Dietoterapia: Princípios e prática**. São Paulo: Editora Atheneu, 1999. 397 p.

BORTOLATO, D.; CASTIGLIONE, G. L.; DOORS, G. C.; SILVA, K. A.; KUHN, R. C. Principais características físico-químicas de farinhas de arroz. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA EM ENGENHARIA, 18., 2003, Itajaí. *Anais...* Itajaí: Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 2003.

BOURNE, M. C. Texture Profile Analysis. **Food Technology**. Chicago, v. 33, n. 7, p.62-72, 1978.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução **RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <<http://www.e-legis.bvs.br>>. Acesso em: 21 set. 2010.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 40 de 21 de março de 2001**. Regulamento técnico para rotulagem nutricional de alimentos e bebidas embaladas. Disponível em: <<http://www.e-legis.bvs.br>>. Acesso em: 22 out. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução nº. 263**, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 set. 2005. Disponível em: <[http://www.abima.com.br/dload/13\\_46\\_resol\\_263\\_05leg\\_alim\\_nac.pdf](http://www.abima.com.br/dload/13_46_resol_263_05leg_alim_nac.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2011.

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

BURITI, F. C. A.; CASTRO, I. A.; SAAD, S. M. I. Effects of refrigeration, freezing and replacement of milk fat by inulin and whey protein concentrate on texture profile and sensory acceptance of synbiotic guava mousses. **Food Chemistry**, Barking, v. 123, n. 4, p. 1190-1197, 2010.

CANDIDO, L. M. B., CAMPOS, A. M. Alimentos para fins especiais: **Dietéticos**. São Paulo: Livraria Varela, 1996. p. 111-113.

CARDARELLI, H. R.; ARAGON-ALEGRO, L. C.; ALEGRO, J. H. A.; CASTRO, I. A.; SAAD, S. M. I. Effect of inulin and *Lactobacillus paracasei* on sensory and instrumental texture properties of functional chocolate mousse. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 88, p. 1318-1324, 2008.

CARNEIRO, R. L.; SILVA, R. S. S. F.; BORSATO, D.; BONA, E. Gradients methods for simultaneous optimizations: case studies for food systems. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 353-362, 2005.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. L. R.; CAL-VIDAL, J. Efeitos dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets (3g) de misturas de farinha de trigo, arroz e banana. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CASTRO, E.M.; VIEIRA, N.R.A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.F.; **Qualidade de Grãos em Arroz**. Santo Antônio de Goiás:. Embrapa Arroz e Feijão. 1999. 30 p.

CASTRO, I. A.; SILVA, R. S. F.; TIRAPEGUI, J.; BORSATO, D.; BONA, E. Simultaneous optimization of response variables in protein mixtures formulation: constrained simplex method approach, **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 38, p. 103-110, 2003.

CASTRO, L. I. A.; VILA REAL, C. M.; PIRES, I. S. C.; PIRES, C. V.; PINTO, N. A. V. D.; MIRANDA, L. S.; ROSA, B. C.; DIAS, P. A. Quinoa(*chenopodium quinoa* willd): digestibilidade *in vitro*, desenvolvimento e análise sensorial de preparações destinadas a pacientes celíacos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 4, p. 413-419, 2007.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2 ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. 207 p.

CHAI SAWANG, M.; SUPHANTHAKIRA, M. Effects of guar gum and xanthan gum additions on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 61, n. 3, p. 288-295, 2005.

CHAN, M.M.; MARTINELLI, C.K. The effect of color on perceived flavor intensity and acceptance of foods by young adults and elderly adults. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 57, n. 6, p. 657-659, 1997.

CHARLEY, H.; WEAVER, C. **Foods: a scientific approach**. 3 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 582 p.

CHOI, S. G.; KERR, W. L. Water mobility and textural properties of native and

- hydroxypropylated wheat starch gels. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 51, p. 1-8, 2003.
- CIVILLE, A.V.; SZCZESNIAK, A.S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies**, v. 4, p. 204-209, 1973.
- CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1543-1550, 2008.
- CLIFF, M.; HEYMANN, H. Development and use of time-intensity methodology for sensory evaluation: a review. **Food Research International**, Barking, v. 26, n. 5, p. 375-385, 1993
- CONAB (BRASIL). **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, quarto levantamento**. Brasília. 2012. n.1, 38 p.
- CORNELL, J. A. Experiments with mixtures: A review. **Technometrics**, Boston, v. 15, n. 3, p. 437-455, 1973.
- DAMÁSIO, M.H.; COSTELL, E.; DURAN, L. Optimizing acceptability of low-sugar strawberry gels segmenting consumers by internal preference mapping. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 79, n. 4, p. 626-632, 1999.
- DE PENNA, E.W. Metodos sensoriales y sus aplicaciones. In: ALMEIDA, T.C.A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M.H.; SOILVA, M.A.A.P. **Avanços em análise sensorial**. São Paulo: Varela, 1999. p. 13-22.
- DEL BEM, M. S.; POLES, L. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades funcionais de amido de leguminosas em associação à hidrocolóides. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 103-116, 2011.
- DEL CASTILLO, V.; LESCANO, G.; ARMADA, M. Formulación de alimentos para celíacos con base en mezclas de harinas de quínoa, cereales y almidones. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 59, n. 3, p. 332-336, 2009.
- DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, Califórnia, v. 12, p. 214-219, 1980.
- DING, Q.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 66, p. 293-289, 2005.
- DINGSTAD, G. I.; WESTAD, F.; NAES, T. Three case studies illustrating the properties of ordinary and partial least squares regression in different mixture models. **Chemometrics and intelligent laboratory systems**, v. 71, p. 33-45, 2004.
- DORS, G. C.; CASTIGLIONI, G. L.; AUGUSTO-RUIZ, W. Utilização da farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **Vetor: Revista de Ciências Exatas e Engenharia**, Rio Grande, v. 16, n. 1, p. 63-67, 2006.
- ELMORE, J. R.; HEYMANN, H.; JOHNSON, J.; HEWETT, J. E. Preference mapping:

Relating acceptance of “creaminess” to a descriptive sensory map of a semisolid. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 10, p. 465-475, 1999.

ERIKSSON, L.; JOHANSSON, E.; WIKSTRÖM, C. Mixture design – design generation, PLS analysis, and model usage. **Chemometrics and Intelligent Laboratory**, v. 43, p. 1-24, 1998.

FARONI, L. R. D. et al. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2007.

FAUBION, J. M.; HOSENEY, R. C. High temperature and short time. Extrusion-cooking of wheat starch and flour. I- Effect of moisture and flour type on extrudate properties. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 59, n. 6, p. 529-533, 1982.

FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: **Princípios e práticas**. 2 ed., Porto Alegre: Artmed, 2006. 305-318 p.

FERGUSON, E. L.; DARMON, N.; FAHMIDA, U.; FITRIYANTE, S.; HARPER, T. B.; PREMACHANDRA, I. M. Design of optimal food-based complementary feeding recommendations and identification of key “problem nutrients” using goal programming. **The Journal of Nutrition**, v. 136, p. 2399-2404, 2006.

FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUSA, I. S. F.; MORAIS, O. P. **Qualidade do arroz no Brasil: Evolução e Padronização**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 62p.

FERREIRA, V. L. P. **Princípio e aplicações da colorimetria em alimentos**. Campinas: ITAL, 1981. 85 p. (Instruções técnicas, 19).

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A.; PETTINELLI, M. L. C. V.; SILVA, M. A. A. P.; CHAVES, J. B. P.; BARBOSA, E. M. M. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. manual: série qualidade**. Campinas, SBCTA, 2000. 127p.

FOLETTI, E. L.; HOFFMANN, R.; HOFFMANN, R. S.; PORTUGAL JR, U. L.; JAHN, S. L. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 1055-1060, 2005.

FRANCK, J. C.; ROSA, S. S.; CAMPELO, T. L.; LUZ, M. L. G. S.; GOMES, M. C. Estudo econômico para implantação de uma unidade de beneficiamento de arroz no município de Rio Grande-RS. In: Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas, 20., 2011. Pelotas. *Anais...* Pelotas, 2011, 4 p.

GOEL, P. K.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Studies on interactions of corn starch with casein and casein hydrolysates. **Food Chemistry**, Barking, v. 64, p. 383-389, 1999.

GUJRAL, H. S.; SINGH, N.; SINGH, B. Extrusion behaviour of grits from flint and sweet corn. **Food Chemistry**, Barking, v. 74, p. 303-308, 2001.

GUJSKA, E.; KHAN, K. Functional properties of extrudates from high starch fractions of

navy and pinto beans and corn meal blended with legume high protein fractions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 2, p. 431-435, 1991.

GUTKOSKI, L. C.; EL-DASH, A. A. Effect of extrusión process variables on physical and chemical properties of extruded oat products. **Plant Foods for Human Nutrition**, Houston, v. 54, p. 315-325, 1999.

HAGENIMANA, A.; DING, X.; FANG, T. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 43, p. 38-46, 2005.

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

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

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrates Polymers**, Barking, v. 45, p. 253-267, 2001.

HOSENEY, R. C. **Principios de ciência y tecnología de los cereales**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 1991.

HSIEH, F.; GREYUS, K. M.; HU, L.; HUFF, H. E. Twin-Screw extrusion of rice flour with salt and sugar. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 5, p. 493-498, 1993.

HUANG M.; KENNEDY, J. F.; LI, B.; XU, X.; XIE, B. J. Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan and glucomannan: A texture profile analysis study. **Carbohydrate polymers**, Barking, v. 69, p. 411-418, 2007.

IBGE (BRASIL). **Levantamento sistemático da produção agrícola**: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v.24, n.11, p.1-82, 2012.

ILO, S.; BERGHOFER, E. Kinetics of colour changes during extrusion cooking of maize grits. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 39, n. 1, p. 73-80, 1999.

IOP, S. C. F.; SILVA, R. S. F.; BELEIA, A. P. Formulation and evaluation of dry dessert mix containing sweetener combinations using mixture response methodology. **Food Chemistry**, Barking, v. 66, p. 167-171, 1999.

JAEKEL, L. Z.; RODRIGUES, R. S.; SILVA, A. P. Avaliação físico-química e sensorial de bebidas com diferentes proporções de extrato de soja e de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 342-248, 2010.

KADAN, R. S.; BRYANT, R. J.; PEPPERMAN, A. B. Functional properties of extruded rice flour. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 5, p. 1669-1672, 2003.

KADAN, R. S.; PEPPERMAN, A. B. Physicochemical properties of starch in extruded rice flours. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 79, n. 4, p. 476-480, 2002.

KALVIAINEN, N.; ROININEN, K.; TUORILA, H. Sensory characterization of texture and flavor of high viscosity gels made with different thickeners. **Journal of Texture Studies**, v. 31, n. 4, p. 407-420, 2000.

KEALY, T. Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterization of semi-solid foods. **Food Research Internacional**, Essex, v. 39, p. 265-276, 2006.

KENT, N.L. **Tecnología de los cereales**: Introducción para estudiantes de ciência de los alimentos y agricultura. Zaragoza: Editorial Acribia, 1987.

LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z.; IATAURO, R. A.; DUARTE FILHO, J. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 459-464, 2006.

LIMA, G. J. M. M.; MARTINS, R. R.; ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R. Composição Química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz. Concórdia: **Embrapa Suínos e Aves (Comunicado técnico)**. Concórdia, n. 244, 2000.

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

LINDEN, G.; LORIENT, D. **Bioquímica agroindustrial**. Zaragoza: Acribia, 1996. 428p.

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.

LOBATO, L. P.; GROSSMANN, M. V. E.; BENASSI, M. T. Inulin addition in starch-based dairy desserts: Instrumental texture and sensory aspects. **Food Science and Technology International**, Oxford, v. 15, n. 9, p. 317-323, 2009.

LOBO, A. R.; LEMOS SILVA, G. M. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 219-226, 2003.

LOURES, M. M. R.; MINIM, V. P. R.; CERESINO, E. B.; CARNEIRO, R. C.; MINIM, L. A. Análise descritiva por ordenação na caracterização sensorial de iogurte diet sabor morango enriquecido com concentrado protéico de soro. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 661-668, 2010.

LUALLEN, T.E. Starch as a functional ingredient. **Food Technology**, Chicago, v. 39, n. 1, p. 59-63, 1985.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; LEITE, T. D.; FRANCO, C. M. L.; MISCHAN, M. M. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeito das condições de extrusão sobre as

propriedades térmicas e de pasta. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 231-238, 2009.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Parâmetros de extrusão na produção de *snacks* de farinha de mandioca enriquecidos com caseína. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 109-126, 2010.

LUZ, C. A. S.; LUZ, M. L. G. S.; BIZZI, L. T.; FALK, C. L.; ISQUIERDO, E. P.; LOREGIAN, R. Relações granulométricas no processo de brunimento de arroz. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 214-221, 2005.

MAHMOUD, S.; EL-SAADANY, S.; LABIB, S.; RAMADAN, M. **Physicochemical properties of different types of starch phosphate monoesters**, **Starch/Stärke**, Zagazig, v. 52, n. 4, p. 101-105, 2000.

MARUYAMA, L. Y.; CARDARELLI, H. R.; BURITI, F. C. A.; SAAD, S. M. I. Textura instrumental de queijo *petit-suisse* potencialmente probiótico: influência de diferentes combinações de gomas. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 386-393, 2006.

MARCELLINI, P.S. **Caracterização sensorial por perfil livre e análise tempo intensidade de suco de abacaxi (*Ananas comosus (L.) Merrill*) reconstituído e adoçado com diferentes edulcorantes**. Campinas, 2005, 85 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; CIACCO, C. F.; SPEHAR, C. R. Fracionamento do grão de *Amaranthus cruentus* brasileiro por moagem e suas características composicionais. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 511-516, 2003.

MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioquinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006;

MENEGASSI, B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z. Efeito de parâmetros de extrusão na cor e propriedades de pasta de farinha de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1780-1792, 2007.

MILLER, R. C. Low moisture extrusion: Effects of cooking moisture on product characteristics. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p. 249-253, 1985.

MUNHOZ, M. P.; WEBER, F. H.; CHANG, Y. K. Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 403-406, 2004.

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

NEVES, F. M.; PEREIRA, J. M.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Expansion of rice flour treated with lactic acid and sodium bisulphate. **Food Science and Technology**, London, v. 43, p. 326-330, 2010.

NIKAEDO, P. H. L.; AMARAL, F. F.; PENNA, A. L. B. Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatadas cremosas elaboradas com concentrado protéico de sorp e misturas de gomas carragena e guar. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 397-404, 2004.

NOISUWAN, A.; HEMAR, Y.; BRONLUND, J. E.; WILKINSON, B.; WILLIAMS, M. A. K. Viscosity, swelling and starch leaching during the early stages of pasting of normal and waxy rice starch suspensions containing different milk protein ingredients. **Starch-Stärke**, Weinheim, v. 59, n. 8, p. 379-387, 2007.

NUNES, M. C.; MURATA, L. T. F.; ALCÂNTARA, M. R. S.; GERMANO, M. I. S.; GERMANO, P. M. L. Avaliação das sobremesas lácteas: características que podem comprometer a garantia de qualidade. **Revista Higiene Alimentar**, v. 12, n. 58, p. 41-48, 1998.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Ed. Manole. 2006, 632 p..

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

OOSTEN, B. J. Explanation for the phenomenon arising from starch-electrolyte interactions. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 35, p. 166-169, 1983.

ORDOÑEZ, J. A. Tecnologia de alimentos: **Componentes dos Alimentos e Processos**, 1 ed, São Paulo: Artmed, 2005, v.1, 394 p.

OROIAN, M. A.; ESCRICHE, I.; GUTT, G. Rheological, textural, color and physic-chemical properties of some yogurt products from the Spanish market. **Journal of Faculty of Food Engineering**, Suceava, v. 10, n. 2, p. 24-29, 2011.

PAGANI, A.; RESMINI, P.; DALBON, G. Formulazione e produzione di paste alimentari a partire de materie prime non convenzionali. **Técnica Molitoria**, Pinerolo, v. 32, n. 5, p. 1-24, 1981.

PAJAK, P.; FORTUNA, T.; BOJDO-TOMASIAK, I. Textural, flow and sensory properties of five “fruzalina” with sour cherries. **Potravinárstvo (Food)**, Eslováquia, v. 4, n. 2, p. 55-58, 2010.

PARKER, R.; RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 34, n. 1, p. 1-17, 2001.

PEÑA, L. M. R. **Estudo da instantaneização de misturas contendo cacau em pó por aglomeração com jato de vapor**, Campinas, 2003, 259 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual

de Campinas, Campinas, 2003.

PFLANZER, S. B.; CRUZ, A. G.; HATANAKA, C. L.; MAMEDE, P. L.; CADENA, R.; FARIA, J. A. F.; SILVA, M. A. A. P. Perfil sensorial e aceitação de bebida láctea achocolatada. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 391-398, 2010.

RATANATRIWONG, P.; EVRENDILEK, G. A.; ZHANG, Q. H. Pulsed electric field processing of formulated rice pudding. **Journal of Food Safety**, New Jersey, v. 28, p. 126-141, 2008.

REIS, C.; ANDRADE, J. C. Planejamento experimental para misturas usando cromatografia em papel. **Química Nova**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 313-319, 1996.

RIBEIRO, J. L. D.; FOGLIATTO, F. S.; CATEN, C. S. Minimizing manufacturing and quality costs in multiresponse optimization. **Quality Engineering**, v. 13, n. 2, p. 191-201, 2000.

RICHTER, V. B. **Desenvolvimento de uma técnica sensorial descritiva por ordenação**. Londrina, 2006, 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

SANCHEZ, H. D.; GONZÁLEZ, R. J.; OSELLA, C. A.; TORRES, R. L.; TORRE, A. G. Elaboración de pan sin gluten con harinas de arroz extrudidas. **Ciencia y Tecnología Alimentaria**, Orense, v. 6, n. 2, p. 109-116, 2008.

SANDHU, K.S.; SINGH, N. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. **Food Chemistry**, Barking, v. 101, n. 4, p. 1499-1507, 2007.

SANTOS, A. B.; OZEKI, F. L.; OLIVEIRA, B. M. G.; KIMURA, M. Precisão de escalas de mensuração utilizadas em testes de aceitação. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 633-639, 2009.

SANTOS, C. T.; COSTA, A. R.; FONTAN, G. C. R.; FONTAN, R. C. I.; BONOMO, R. C. F. Influência da concentração de soro na aceitação sensorial de bebida láctea fermentada com polpa de manga. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 55-60, 2008.

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

SCHUBERT, H. Food particle technology. Part I: properties of particles and particles food systems. **Journal of food engineering**, Londres, v. 6, n. 1, p. 1-30, 1993.

SCUSSEL, V. M.; ROCHA, M. W.; LORINI, I.; SABINO, M.; ROSA, C. A. R.; CARVAJAL, M. M. **Atualidades em micotoxinas e armazenagem qualitativa de grãos II**. 1 ed., Florianópolis: Editora ABMAG, 2008. 586 p.

SHARP, R. N. Rice: Production, processing and utilization. In: KULP, K.; LORENZ, K. J. (Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p.301-329.

SHYY, W.; PAPILA, N.; VAIDYANATHAN, R.; TUCKER, K. Global Design Optimization for Aerodynamics and Rocket Propulsion Components. **Progress in Aerospace Sciences**, v. 37, n. 1 p. 59-118, 2001.

SILVA, E. M.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R.; CARVALHO, L. M. J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas características de viscosidade de pasta e índice de absorção de água de macarrões pré-cozidos elaborados a partir de farinha mista de arroz integral e milho obtidos por extrusão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. Curitiba, v. 26, n. 2, p. 239-254, 2008.

SILVA, E. M.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, D. P. R.; TAKEITI, C. Y.; CARVALHO, J. L. R.; NUTTI, M. R.; MOURA, L. S. M. Efeito da umidade e adição de feijão nas propriedades de pasta de extrudados a base de milho utilizados para a elaboração de sopas. In: Simpósio Internacional de Extrusão de Alimentos2., 2010. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, 2010, 5 p.

SILVA, F. S.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, R. M.; JUNIOR, P. C. A. Efeito do beneficiamento nas propriedades físicas e mecânicas dos grãos de arroz de distintas variedades. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 33-41, 2003.

SILVA, R. A.; BORSATO, D.; SILVA, R. S. S. F. Método simplex supermodificado como estratégia de otimização para respostas combinadas em sistemas alimentares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 329-336, 2000.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R. Extrusão de quirera de arroz para uso como ingrediente alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 3, p. 190-199, 2009.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MODESTA, R. C. D. Aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 1-5, 2009.

SIMPSON, S.J.; PIGGOTT, J.R.; WILLIAMS, S.A.R. Sensory analysis. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 7-18, 1998.

SITOHY, M. Z.; EL-SAADANY, S. S.; LABIB, S. M.; RAMADAN, M. F. Physicochemical properties of different types of starch phosphate monoesters. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 52, n. 4, p. 101-105, 2000.

SMIDERLE, O. J.; PEREIRA, P. R. V. S. Épocas de colheita e qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado cultivar BRS 7 taim, em Roraima. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 74-80, 2008.

SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; CALIARI, M.; VELASCO, P.; REIS, R. C.; CARVALHO, W. T. Bebidas saborizadas obtidas de extrato de quirera de arroz, de arroz integral e de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 407-413, 2010.

STAPELFELDT, H.; NIELSEN, B. R.; SKIBSTED, L. H. Effect of heat treatment, water activity and storage temperature on the oxidative stability of whole milk powder. **International Dairy Journal**, Barking, v. 7, p. 331-339, 1997.

STATSOFT. **STATISTICA 7.0 for Windows** – Computer program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2004. CD Room.

STONE, H. S.; SIDEL J. L. **Sensory Evaluation Practices**. San Diego, Academic Press, 1993. 308 p.

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

SUICH, R.; DERRINGER, G.; Simultaneous Optimization of Several Response Variables. **Journal of Quality Technology**, California, v. 12, n. 4, p. 214-219, 1980.

TARREGA, A.; COSTELL, E. Colour and consistency of semi-solid desserts: Instrumental e sensory measurements. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 78, p. 655-661, 2007.

TAVARES, S. J. **Mudanças físicas, químicas e sensoriais de farinhas de arroz submetidas à torração em micro-ondas**. Goiânia, 2010. 219 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

TEBA, C. S. **Elaboração de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem casca pelo processo de extrusão termoplástica**. Rio de Janeiro, 2009, 199 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

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

TORREZAN, R.; EIROA, M. N. U.; PFENNING, L. Identificação de microrganismos isolados em frutas, polpas e ambiente industrial. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 27-38, 2000.

TROMBINI, F. R. M.; LEONEL, M. Propriedades de pasta e térmicas de mistura instantânea de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 50-71, 2010.

VASCONCELOS, E. C. **Uma aplicação da metodologia projeto e análise de experimentos na construção de matrizes QFD**. Itajubá, 2004, 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2004.

VERBEKEN, D.; BAEL, K.; THAS, O.; DEWETTINCK, K. Interactions between k-carrageenan, milk proteins and modified starch in sterilized dairy desserts. **International Dairy Journal**, Barking, v. 16, p.482-488, 2006.

VIDIGAL, M. C. T. R. **Caracterização reológica e sensorial de sobremesa láctea diet contendo concentrado proteico de soro**. Viçosa, 2009, 86 f. Dissertação (*Magister Scientiae*

em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

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

VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANTANA, E. P. **A Cultura do Arroz no Brasil**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 633p.

VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, S. J. R. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 666-671, 2006.

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

WEBER, F. H.; COLLARES, F. P.; CHANG, Y. K. Estabilidade de géis de amido de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose adicionados de gomas guar e xantana durante os processos de congelamento e descongelamento. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 413-417, 2008.

WURL, R. C.; ALBIN, S. L. A comparison of multiresponse optimization: Sensitivity to parameter selection. **Quality Engineering**, v. 11, n. 3, p. 405-415, 1999.

ZAVAREZE, E. R.; PEREIRA, J. M.; MOURA, F. A.; SPIER, F.; HELBIG, E.; DIAS, A. R. G. Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotermicamente. In: Simpósio de Segurança Alimentar, 3., Campinas. *Anais...* Campinas, v. IIISSA, 2010, p. 96-101.

**ANEXOS**

**ANEXO A. Ficha de avaliação da análise sensorial para aparência global e intenção de compra**

---

**Ficha do teste de aceitação – Sobremesa instantânea sabor chocolate branco**

---

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Sexo: Masculino ( )  
Feminino ( )

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

---

1. Prove a amostra e avalie de um modo geral, o quanto você gostou ou desgostou, utilizando a escala abaixo:

---

Amostra nº. \_\_\_\_\_

Sabor \_\_\_\_\_

Textura \_\_\_\_\_

Avaliação Global: \_\_\_\_\_

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

2. Se você encontrasse essa amostra à venda, você:

- ( ) Certamente compraria
  - ( ) Provavelmente compraria
  - ( ) Talvez comprasse/Talvez não comprasse
  - ( ) Possivelmente não compraria
  - ( ) Certamente não compraria
-

**ANEXO B. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra do pesquisador responsável. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás pelos telefones (62) 3521-1076 / 3521-1215.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

**Título do Projeto:** Desenvolvimento de produtos a base de grãos quebrados de arroz para a alimentação de pessoas portadoras de alergia

**Pesquisador Responsável:** Frederico Inácio Tonhá Guimarães \_\_\_\_\_  
(Engenheiro de Alimentos)

Telefones para contato: 8157-1758 (pesquisador)

**Orientador:** Profº Drº Márcio Caliar

**Co-orientador:** Profº Drº Manoel Soares Soares Júnior

A pesquisa tem por objetivo avaliar a viabilidade tecnológica e econômica da utilização das farinhas de arroz crua, torrada e pré-gelatinizada na produção de pudim instantâneo, e do extrato de arroz e farinha de arroz torrada na produção de sorvete, visando a produção de alimentos para pessoas portadoras de necessidades alimentícias especiais.

Se o (a) senhor (a) aceitar participar, irá avaliar os produtos quanto à aparência, textura, sabor, odor e intenção de compra, para tanto preencherá uma ficha de avaliação do produto tomando cerca de 10 min. A Ficha e os dados coletados serão de uso exclusivo nesta pesquisa e de acesso limitado aos pesquisadores. O (a) senhor (a) tem liberdade de recusar a participar da pesquisa em qualquer momento sem qualquer prejuízo. A pesquisa não lhe trará danos morais, ou psicológicos.

Os riscos que podem estar associados a essa análise são os de alergia a qualquer um de seus ingredientes: açúcar, arroz, goma guar, aromatizante e corante (não contém glúten). Caso algum provador apresente reação adversa comprovada ao produto oferecido na presente pesquisa este será encaminhado para atendimento médico. Ao participar desta pesquisa o(a) senhor(a) colaborará para o melhor conhecimento dos atributos sensoriais deste novo produto.

O(a) senhor(a) não terá nenhuma despesa para participar da pesquisa bem como nada será pago por sua participação.

**CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO**

Eu, \_\_\_\_\_, RG/CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do estudo **Desenvolvimento de produtos a base de grãos quebrados de arroz para a alimentação de pessoas portadoras de alergia**, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data

\_\_\_\_\_

Nome e Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

## APÊNDICES

**APÊNDICE A.1.** Visão Geral do ajuste do modelo para Dureza, contendo significância do erro total, falta de ajuste, erro puro e erro total ajustado.

	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	627,22	4	156,81	34,9524	0,002278
<b>Erro Total</b>	17,95	4	4,49		
<b>Falta de Ajuste</b>	11,38	2	5,69	1,7349	0,365631
<b>Erro Puro</b>	6,56	2	3,28		
<b>Total Ajustado</b>	645,17	8	80,65		

**APÊNDICE A.2.** Visão Geral do ajuste do modelo para Elasticidade, contendo significância do erro total, falta de ajuste, erro puro e erro total ajustado.

	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	0,000593	5	0,000119	5,350194	0,099033
<b>Erro Total</b>	0,000066	3	0,000022		
<b>Falta de Ajuste</b>	0,000006	1	0,000006	0,190544	0,705068
<b>Erro Puro</b>	0,000061	2	0,00003		
<b>Total Ajustado</b>	0,000659	8	0,000082		

**APÊNDICE A.3.** Visão Geral do ajuste do modelo para Gomosidade, contendo significância do erro total, falta de ajuste, erro puro e erro total ajustado.

	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	237,725	5	47,55	37,964	0,006497
<b>Erro Total</b>	3,757	3	1,25		
<b>Falta de Ajuste</b>	1,483	1	1,48	1,304	0,371723
<b>Erro Puro</b>	2,271	2	1,14		
<b>Total Ajustado</b>	241,481	8	30,185		

**APÊNDICE A.4.** Visão Geral do ajuste do modelo para Mastigabilidade, contendo significância do erro total, falta de ajuste, erro puro e erro total ajustado.

	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	214,28	5	42,855	42,519	0,005504
<b>Erro Total</b>	3,023	3	1,00791		
<b>Falta de Ajuste</b>	1,348	1	1,348	1,60896	0,332299
<b>Erro Puro</b>	1,676	2	0,8378		
<b>Total Ajustado</b>	217,299	8	27,162		

**APÊNDICE A.5.** Visão Geral do ajuste do modelo para Adesividade, contendo significância do erro total, falta de ajuste, erro puro e erro total ajustado.

	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	32,49	5	6,497	23,42	0,013107
<b>Erro Total</b>	0,83	3	0,2775		
<b>Falta de Ajuste</b>	0,02	1	0,02	0,05	0,8434
<b>Erro Puro</b>	0,81	2	0,406		
<b>Total Ajustado</b>	33,32	8	4,165		

**APÊNDICE A.6.** Visão Geral do ajuste do modelo para Coesividade, contendo significância do erro total, falta de ajuste, erro puro e erro total ajustado.

	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	0,00138	5	0,000276	3,914196	0,145321
<b>Erro Total</b>	0,0002	3	0,00007		
<b>Falta de Ajuste</b>	0,00011	1	0,00011	2,283784	0,269847
<b>Erro Puro</b>	0,00009	2	0,000049		
<b>Total Ajustado</b>	0,00159	8	0,000199		

**APÊNDICE B.1.** Visão Geral do ajuste do modelo para L\*, contendo significância do erro total, falta de ajuste, erro puro e erro total ajustado.

	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	48,933	4	12,233	14,746	0,012
<b>Erro Total</b>	3,3185	4	0,8296		
<b>Falta de Ajuste</b>	3,1726	2	1,5863	21,75	0,044
<b>Erro Puro</b>	0,1459	2	0,0729		
<b>Total Ajustado</b>	52,2518	8	6,5315		

**APÊNDICE B.2.** Visão Geral do ajuste do modelo para a\*, contendo significância do erro total, falta de ajuste, erro puro e erro total ajustado.

	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	0,1106	3	0,03688	2,5885	0,162
<b>Erro Total</b>	0,07124	5	0,01425		
<b>Falta de Ajuste</b>	0,06938	3	0,02313	24,7772	0,031
<b>Erro Puro</b>	0,00187	2	0,00093		
<b>Total Ajustado</b>	0,18189	8	0,02274		

**APÊNDICE B.3.** Visão Geral do ajuste do modelo para b\*, contendo significância do erro total, falta de ajuste, erro puro e erro total ajustado.

	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	2,4069	4	0,60173	38,5231	0,002
<b>Erro Total</b>	0,0625	4	0,01562		
<b>Falta de Ajuste</b>	0,6001	2	0,03	24,3297	0,031
<b>Erro Puro</b>	0,0025	2	0,00123		
<b>Total Ajustado</b>	2,4694	8	0,30868		