



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

VALÉRIA DE OLIVEIRA BRITO

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E SONORAS  
DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE UMA COBERTURA  
PARA AMENDOIM CROCANTE**

---

Londrina  
2008

VALÉRIA DE OLIVEIRA BRITO

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E SONORAS  
DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE UMA COBERTURA  
PARA AMENDOIM CROCANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Adelaide del Pino Beléia, PhD

Londrina  
2008

VALÉRIA DE OLIVEIRA BRITO

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E SONORAS  
DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE UMA COBERTURA  
PARA AMENDOIM CROCANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>.Dra. Adelaide Del Pino Beléia  
UEL – Londrina - PR

---

Dr. Ing. Itamar Cabral de Carvalho Júnior  
Centro de Tecnologia SENAI –Alimentos e  
Bebidas SENAI – RJ

---

Prof<sup>a</sup>.Dra. Sandra Helena Prudêncio  
UEL – Londrina – PR

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008.

**DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais, Francisca e Luiz (in memorian),  
Por toda dedicação e carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

A minha orientadora Prof. Dr<sup>a</sup>. Adelaide del Pino pela atenção, incentivo e confiança durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Fabio Yamashita, pelo excelente suporte na parte estatística e à Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Helena, pela orientação na parte sensorial.

Ao SENAI, em especial ao sr. Diretor Antonio Donizeti Henckes e ao eng. Carlos Alberto da Silva, pelo suporte, liberação para viagens e concessão da planta piloto para a realização dos testes.

À Empresa Maritucs, em especial ao Sr. Marcos, pelo apoio, fornecimento de ingredientes e utilização das instalações para testes industriais.

À Empresa Extralab do Brasil, em especial ao sr. Márcio Salgado, pela realização dos ensaios no texturômetro e suporte técnico.

À Empresa Corn Products, em especial a Juliana Temple e Bruno Frias, pelo fornecimento de amostras e material técnico.

À Empresa CNI Colloids, em especial à Susan Nessaif, pelo fornecimento de amostras e material técnico.

Às minhas queridas alunas, Mariana Serafim Martins, Maria Lúcia Manzano e Rosenilde José da Costa, pelo auxílio durante os experimentos deste trabalho.

Ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos pelas condições oferecidas para a realização deste trabalho.

Aos docentes do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos desta instituição pelos ensinamentos e atenção dispensada.

Aos Funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos desta instituição pela ajuda e atenção dispensada.

Aos meus queridos amigos Fernanda Campanha, Cassiana Kissel e Denis Marchi pelo acolhimento, incentivo, amizade e inesquecíveis momentos compartilhados.

Aos colegas e companheiros do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos, pelos momentos compartilhados e pela amizade.

*"Nunca ande pelo caminho traçado, pois ele conduz somente até onde os outros já foram".*

**Graham Bell**

BRITO, Valéria de Oliveira. **Análise das propriedades mecânicas e sonoras durante o desenvolvimento de uma cobertura para amendoim crocante.** 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

## RESUMO

O amendoim crocante é um produto drageado, similar ao amendoim japonês, ou seja, ambos cobertos com várias camadas de caldas e misturas de farinhas, posteriormente assados para a secagem e melhoria da palatabilidade do centro cru. A diferença entre os dois produtos consiste nas propriedades mecânicas, sonoras, expansão e textura da cobertura do amendoim, que torna o amendoim crocante mais atrativo e resulta em um consumo mais rápido. O objetivo da pesquisa foi modificar as propriedades mecânicas e sonoras da cobertura do amendoim japonês para a obtenção do amendoim crocante semelhante a um padrão comercial. As amostras de amendoim crocante foram produzidas segundo um planejamento fatorial  $2 \times 2 \times 5$  e as variáveis independentes foram: tipo de calda (açúcar ou dextrina), tipo de farinha (trigo ou arroz) e proporção farinha:amido modificado (60:40; 50:50 e 40:60). Para a análise das respostas foram utilizados os dados de 12 ensaios para um planejamento fatorial  $2^3$  completo com repetição no ponto central para a proporção farinha/amido modificado. Foram determinadas as propriedades mecânicas (dureza, fraturabilidade e número de picos de força), as propriedades sonoras (crocância, intensidade de som e número de picos de som), a expansão da cobertura por deslocamento de painço, e as variáveis cromáticas ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$ ) das amostras sem condimentação. Foram escolhidas as amostras visualmente mais semelhantes ao padrão comercial para a aplicação de condimentos e para a aplicação dos testes sensoriais de ordenação de crocância e aceitabilidade global. Os provadores não identificaram diferenças em crocância e todas as amostras foram aceitas pelos consumidores em potencial do produto a 5% de probabilidade. Houve melhoria nas propriedades mecânicas e sonoras pela utilização de farinha de arroz, calda de dextrina e maior quantidade de amido de mandioca modificado pré-gelatinizado na proporção da mistura em pó da cobertura do produto.

BRITO, Valéria de Oliveira. **Analysis of mechanical and sound properties during the development of a crispy layer for pan-coated peanut.** 2008. 95 f. Dissertation (Master's Degree in Food Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

## ABSTRACT

The crispy peanut is a pan coated product, similar to Japanese peanut, i.e., both covered with layers of syrup and flour mix, subsequently baked for drying and taste enhancement of the raw kernel. The difference between the two products is based on mechanical and sound properties, expansion and texture of the peanut coating layer, which makes this crispy product more attractive to people, resulting in faster consumption. The aim of this study was to modify the mechanical and sound properties of the Japanese peanut in order to obtain the crispy one similar to a commercial standard. The crispy peanut samples have been produced according to a 2 x 2 x 5 factorial design and the independent variables were: syrup (sugar or dextrin), flour type (wheat or rice) and flour: modified starch ratio (60:40; 50:50 e 40:60). Data from 12 tests has been used to analyze the response in a complete 2<sup>3</sup> factorial design with a repetition in the central point for the flour:modified starch ratio. Mechanical properties (hardness, fracturability, number of strength peaks), sound properties (crispiness, sound intensity and number of sound peaks) have been determined, as well as the coating expansion through millet grains dislocation and the chromatic variables (L\*, a\*,b\*,C\*, h\*) of nonseasoned samples. Samples presenting close similarity to the commercial standard have been chosen for seasoning application and for crispness scaling technique, as well as for global acceptability test. The panelists were not able to identify differences in crispness and all the samples were accepted by the potential product consumers (p = 0.05). There were improvements in mechanical and sound properties by using rice flour, dextrin syrup and higher amounts of pre-gelatinized modified cassava starch in the product coating powdered mixture ratio.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> – Esquema geral dos diferentes estímulos que afetam a sensação de crocância (LUYTEN; PLIJTER; VLIET, 2003). .....  | 26 |
| <b>Figura 2</b> – Curva imaginária de força e deformação de um produto crocante, com as diferentes propriedades (LUYTEN; PLIJTER; VLIET, 2003) .....                                 | 26 |
| <b>Figura 3</b> – Gráfico de força (g) em função do tempo (s) (Fonte: Stable Micro Systems). .....   | 29 |
| <b>Figura 4</b> – Drageadeira Siaht de 10 litros .....   | 33 |
| <b>Figura 5</b> – Fluxograma de fabricação do amendoim crocante .....  | 34 |
| <b>Figura 6</b> – Forno estático .....   | 36 |
| <b>Figura 7</b> – Texturômetro TA. XT2i .....  | 37 |
| <b>Figura 8</b> – Amostra de amendoim crocante durante análise no Texturômetro TA XT Plus - Extralab Brasil .....  | 38 |
| <b>Figura 9</b> – Texturômetro TA XT Plus - Extralab Brasil .....  | 39 |
| <b>Figura 10</b> – Conjunto de agitador de peneiras e proveta de 1000ml para determinação da expansão total dos amendoins. ....  | 40 |
| <b>Figura 11</b> – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Dureza. ....   | 47 |
| <b>Figura 12</b> – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Proporção farinha:amido modificado e Tipo de Farinha sobre a resposta Número de Picos de Força. ....      | 49 |
| <b>Figura 13</b> – Gráfico de força (g) em função do tempo (s) gerado no TA XT Plus Stable Micro Systems durante a compressão da cobertura de uma amostra de amendoim crocante ..... | 50 |
| <b>Figura 14</b> – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Fraturabilidade .....                                    | 52 |
| <b>Figura 15</b> – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Proporção Farinha:Amido modificado sobre a resposta Fraturabilidade .....                 | 53 |
| <b>Figura 16</b> – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Crocância .....  | 56 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 17</b> – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Farinha e Proporção Farinha:amido modificado sobre a resposta Crocância. ....  | 57 |
| <b>Figura 18</b> – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Número de Picos de Som .....  | 59 |
| <b>Figura 19</b> – Gráfico de som (Volts) em função do tempo (s) gerado no TA XT Plus Stable Micro Systems durante a compressão da cobertura de uma amostra de amendoim crocante .....  | 60 |
| <b>Figura 20</b> – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Intensidade do Som .....  | 62 |
| <b>Figura 21</b> – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Intensidade do Som .....  | 64 |
| <b>Figura 22</b> – Microscopia eletrônica de varredura do endosperma dos grãos de amendoim. Figura a (Teste 1 - FT70/30D:farinha de trigo 70%; amido pré-gel 30%); Figura b (Teste 2 - FA40/60A :farinha de arroz 40%; amido pré-gel 60%); Figura c (Teste 3 - FT60/40A: farinha de trigo 60%; amido pré-gel 40%); Figura d (Teste 4 - FA70/30D: farinha de arroz 70%; amido pré-gel 30%) .....             | 84 |
| <b>Figura 23</b> – Microscopia eletrônica de varredura da cobertura condimentada dos grãos de amendoim. Figura f (Teste 1 - FT70/30D:farinha de trigo 70%; amido pré-gel 30%); Figura g (Teste 2 - FA40/60A :farinha de arroz 40%; amido pré-gel 60%); Figura h (Teste 3 - FT60/40A: farinha de trigo 60%; amido pré-gel 40%); Figura i (Teste 4 - FA70/30D: farinha de arroz 70%; amido pré-gel 30%) ..... | 85 |
| <b>Figura 24</b> – Microscopia eletrônica de varredura da cobertura condimentada dos grãos de amendoim. Figura j (Teste 2 - FA40/60A :farinha de arroz 40%; amido pré-gel 60%); Figura k (Teste 3 - FT60/40A: farinha de trigo 60%; amido pré-gel 40%); Figura l (Teste 4 - FA70/30D: farinha de arroz 70%; amido pré-gel 30%) .....  | 86 |

**Figura 25** – Microscopia Eletrônica Panorâmica dos grãos de amendoim cobertos e condimentados. Figura m (Teste 1 - FT70/30D:farinha de trigo 70%; amido pré-gel 30%); Figura n (Teste 2 - FA40/60A :farinha de arroz 40%; amido pré-gel 60%); Figura o (Teste 3 - FT60/40A: farinha de trigo 60%; amido pré-gel 40%); Figura p (Teste 4 - FA70/30D: farinha de arroz 70%; amido pré-gel 30%) .....87

## LISTA DE TABELAS

|                  |   |  |    |
|------------------|---|--|----|
| <b>Tabela 1</b>  | – | Planejamento fatorial 2 x 2 x 5 utilizado para produção de amendoim crocante. ....   | 31 |
| <b>Tabela 2</b>  | – | Planejamento fatorial 2 <sup>3</sup> utilizado para produção de amendoim crocante.....   | 32 |
| <b>Tabela 3</b>  | – | Codificação das variáveis no planejamento fatorial 2 <sup>3</sup> .....  | 32 |
| <b>Tabela 4</b>  | – | Condições do Texturômetro TA. XT2i para análise das propriedades mecânicas do amendoim crocante .....  | 33 |
| <b>Tabela 5</b>  | – | Condições do texturômetro TA. XT2i para análise das propriedades de som do amendoim crocante .....   | 34 |
| <b>Tabela 6</b>  | – | Amostras comerciais utilizadas na seleção dos provadores .....   | 36 |
| <b>Tabela 7</b>  | – | Efeito das variáveis do planejamento 2 <sup>3</sup> sobre as propriedades mecânicas do amendoim drageado. ....   | 45 |
| <b>Tabela 8</b>  | – | Efeito das variáveis do planejamento 2 <sup>3</sup> sobre as propriedades sonoras do amendoim drageado, no equipamento TA.XTPlus .....                                   | 54 |
| <b>Tabela 9</b>  | – | Efeito das variáveis do planejamento 2 <sup>3</sup> sobre a propriedade expansão total do amendoim drageado .....  | 63 |
| <b>Tabela 10</b> | – | Compilação dos resultados obtidos da análise a variável 2 <sup>3</sup> completo para a proporção 60/40, 40/60 e 50/50. ....  | 65 |
| <b>Tabela 11</b> | – | Codificação das amostras condimentadas para controle. ....   | 66 |
| <b>Tabela 12</b> | – | Resultado da comparação das amostras condimentadas com o padrão comercial pelo teste de Dunnett a 95% de confiança   |    |
| <b>Tabela 13</b> | – | Resultado da comparação das amostras não - condimentadas com as respectivas condimentadas pelo teste t - Student a 95% de confiança.....                                 | 68 |
| <b>Tabela 14</b> | – | Valores de efeito e da probabilidade “p” obtidos para as propriedades sonoras da análise do fatorial 2 <sup>3</sup> completo para a proporção 60/40, 40/60 e 50/50 ..... | 70 |
| <b>Tabela 15</b> | – | Compilação dos resultados obtidos da análise do fatorial 2 <sup>3</sup> completo para a proporção 60/40, 40/60 e 50/50. ....   | 75 |
| <b>Tabela 16</b> | – | Codificação das amostras condimentadas para controle. ....   | 76 |
| <b>Tabela 17</b> | – | Total de ordenação das amostras condimentadas. ....  | 77 |

|                  |   |   |    |
|------------------|---|---|----|
| <b>Tabela 18</b> | – | Formulações de crocâncias diferentes. ....  | 77 |
| <b>Tabela 19</b> | – | Formulações de mesma crocância .....  | 78 |
| <b>Tabela 20</b> | – | Valores médios obtidos da avaliação sensorial de aceitação global de amendoim crocante condimentado. ....           | 80 |
| <b>Tabela 21</b> | – | Expansão total avaliada pelo volume deslocado (ml) para as formulações condimentadas e padrão comercial. ....       | 81 |
| <b>Tabela 22</b> | – | Propriedades mecânicas, sonoras , expansão e teste de aceitação das amostras condimentadas a 95% de confiança ..... | 82 |
| <b>Tabela 23</b> | – | Propriedades mecânicas, sonoras e expansão das amostras sem condimentação a 95% de confiança.....                   | 82 |

## SUMÁRIO

|          |   |    |
|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>                               | 17 |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS</b>                                | 19 |
| 2.1      | OBJETIVO GERAL                                  | 19 |
| 2.2      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS                           | 19 |
| <b>3</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>                    | 20 |
| 3.1      | DRAGEAMENTO                                     | 20 |
| 3.1.1    | Amendoim Crocante e Amendoim Japonês            | 21 |
| 3.1.2    | Amido de Mandioca Modificado e Pré-gelatinizado | 22 |
| 3.2      | TEXTURA , PROPRIEDADES MECÂNICAS E SONORAS      | 25 |
| 3.2.1    | Propriedades Mecânicas                          | 28 |
| 3.2.2    | Propriedades Sonoras e Crocância                | 29 |
| <b>4</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b>                       | 31 |
| 4.1      | PRODUÇÃO DAS AMOSTRAS DE AMENDOIM CROCANTE      | 31 |
| 4.1.1    | Selagem   | 34 |
| 4.1.2    | Cobertura                                       | 35 |
| 4.1.3    | Forneamento                                     | 35 |
| 4.1.4    | Condimentação                                   | 36 |
| 4.1.5    | Embalagem                                       | 36 |
| 4.2      | DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS         | 37 |
| 4.3      | DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES SONORAS           | 38 |
| 4.4      | EXPANSÃO TOTAL                                  | 39 |
| 4.5      | ANÁLISE DE COR                                  | 41 |
| 4.6      | ANÁLISE SENSORIAL                               | 41 |
| 4.6.1    | Teste de Aceitação Global                       | 41 |
| 4.6.2    | Teste de Ordenação de Crocância                 | 42 |
| 4.7      | MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA             | 43 |
| 4.8      | ANÁLISE ESTATÍSTICA                             | 44 |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>                   | 45 |
| 5.1      | PROPRIEDADES MECÂNICAS                          | 45 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 5.1.1  | Dureza .....  | 46 |
| 5.1.2  | Número de Picos de Força .....  | 48 |
| 5.1.3  | Fraturabilidade .....   | 51 |
| 5.2    | PROPRIEDADES SONORAS .....  | 54 |
| 5.2.1  | Crocância .....   | 55 |
| 5.2.2  | Número de picos de som .....  | 58 |
| 5.2.3  | Intensidade do som .....  | 60 |
| 5.3    | EXPANSÃO TOTAL (VOLUME DESLOCADO) .....   | 62 |
| 5.4    | PROPRIEDADES MECÂNICAS , SONORAS E EXPANSÃO .....   | 64 |
| 5.5    | CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DAS AMOSTRAS PARA CONDIMENTAÇÃO .....  | 65 |
| 5.6    | COMPARAÇÃO COM O PADRÃO COMERCIAL (TESTE DE DUNNETT) .....  | 66 |
| 5.7    | COMPARAÇÃO ENTRE AMOSTRAS NÃO-CONDIMENTADAS E CONDIMENTADAS<br>DE MESMA FORMULAÇÃO (TESTE T-STUDENT) .....        | 68 |
| 5.8    | ANÁLISE DE COR .....  | 69 |
| 5.8.1  | Componente a*[ (+a) Vermelho / (-a) Verde] .....  | 70 |
| 5.8.2  | Componente b*[(+b) Amarelo / (-b) Azul] .....   | 71 |
| 5.8.3  | Chroma [C*= Saturação/ (+) C* = Cor Viva e Pura (Sem Mistura de<br>Tons); (-) C*= Cores Opacas, sem Brilho] ..... | 72 |
| 5.8.4  | Tonalidade Cromática (H* = Quanto Maior o Valor, Mais Pura a Cor<br>– sem Mistura de Tons) .....                  | 73 |
| 5.8.5  | Luminosidade (L*) .....   | 74 |
| 5.8.6  | Correção da Cor da Cobertura .....  | 74 |
| 5.9    | ANÁLISE SENSORIAL .....   | 76 |
| 5.9.1  | Teste de Ordenação de Crocância .....   | 76 |
| 5.9.2  | Teste de Aceitação Global .....   | 79 |
| 5.9.3  | Comparação entre os Testes de Ordenação, Aceitação, as<br>Propriedades Mecânicas, de Som , Cor e Expansão. ....   | 80 |
| 5.10   | MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA .....   | 83 |
| 5.10.1 | Microscopia Eletrônica de Varredura dos Grãos de Amendoim .....   | 84 |
| 5.10.2 | Microscopia Eletrônica de Varredura da Cobertura .....  | 85 |
| 5.10.3 | Microscopia Eletrônica de Varredura da Cobertura .....  | 86 |
| 5.10.4 | Microscopia Eletrônica de Varredura Panorâmica .....  | 87 |

**6 CONCLUSÕES.....89**

**REFERÊNCIAS .....90**

## 1 INTRODUÇÃO

O amendoim (do tupi *mandu wi*, “enterrado”) é o grão comestível da planta *Arachis hypogaea* L. da família *Fabaceae*. Embora confundido com noz, o amendoim é um membro da família da ervilha, considerado uma leguminosa ou vagem. É uma planta cultivada cujos grãos, ricos em óleo e proteína, são produzidos abaixo da superfície do solo e podem ser consumidos crus (FREITAS, PENÃLOZA, VALLS, 2003). Porém, sua torrefação, forneamento, adição de camadas amiláceas e aromatizantes tornaram-se procedimentos muito comuns, os quais estimulam o consumo do produto, como no caso do amendoim japonês e o crocante.

Não há dados concretos sobre a origem dos amendoins cobertos ou drageados, porém seu consumo tornou-se muito popular em diversos países como Brasil, Alemanha e Chile.

Os produtos amendoim japonês e amendoim crocante enquadram-se na categoria de “snack”, definida por Chew (2006) como qualquer alimento consumido nos intervalos das refeições, ou pequenos itens que substituem as refeições tradicionais.

Os salgadinhos ou “snacks” são subdivididos em salgadinhos à base de farinhas de trigo, de milho (mais conhecidos como extrusados), de batata e as nozes, que reúnem amendoins, castanhas e pistaches, entre outros. (FRANCO et al, 2003).

O consumo de amendoim, sob diversas formas, ocupa importante posição no ranking mundial e movimentou 10 bilhões de dólares em 2005, em um total de 418 bilhões de dólares da categoria “snack”. Em volume, o consumo de amendoim, de forma geral, ocupa o primeiro lugar no ranking mundial, que abrange 7% de participação no mercado. Na América Latina, porém, ocupa o décimo primeiro lugar no ranking de vendas, com crescimento de 9% em relação ao ano de 2004. (ABICAB, 2006).

No Brasil, o consumo aparente de amendoim em 2007 apresentou aumento de 5,9% em relação a 2006. Em 2007, a produção apresentou aumento de 4,6% em relação ao ano anterior, e atingiu 137,5 mil toneladas (ABICAB, 2008).

A apreciação do alimento é determinada em grande parte pela percepção sensorial. Como os consumidores encontram uma ampla variedade de

produtos, o papel da avaliação sensorial torna-se mais importante no comportamento de compra. Em particular, uma condição necessária para a repetição da compra de um produto é a capacidade de ser “agradável ao paladar”. Empresas que apresentam vantagem competitiva serão aquelas capazes de manipular ativamente e controlar as propriedades sensoriais. Isto pode ser realizado somente se a relação entre a estrutura do alimento e as propriedades sensoriais, tais como aparência, sabor, aroma e textura, for bem compreendida. Esta última propriedade é muito importante em certas categorias de alimentos, particularmente aquelas com aromas brandos, como massas, ou com atributos de crocância, por exemplo “snacks” ou muitas frutas frescas e vegetais (WILKINSON, DIJKSTERHUIS, MINEKUS, 2000).

A propriedade crocância (“crispness” ou “crunchiness”) pode indicar se o alimento está adequado, seguro para consumo, ou se o produto é de qualidade, caso indique o frescor deste alimento. Um produto crocante (“crispy” ou “crunchy”) requer menor energia para ser mastigado, o que resulta em um consumo mais rápido (VINCENT, 2004).

Em várias pesquisas foram estudadas as correlações entre as propriedades mecânicas, sonoras e a percepção de textura. A fraturabilidade e a emissão acústica resultante foram as mais importantes relacionadas à crocância (LUYTEN; PLIJTER; VLIET, 2003). Portanto, estudos que relacionem tais propriedades são importantes para facilitar o desenvolvimento de produtos que estimulem o consumo.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Modificar as propriedades mecânicas e sonoras da cobertura do amendoim japonês para a obtenção de amendoim crocante semelhante a um padrão comercial.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar as propriedades mecânicas (dureza, fraturabilidade e número de picos de força), expansão e cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$ ) antes da condimentação da cobertura do produto com diferentes formulações.

Avaliar as propriedades sonoras (crocância, número de picos de som, intensidade do som) da cobertura das amostras antes da condimentação da cobertura.

Comparar as propriedades mecânicas, sonoras e expansão das amostras condimentadas com as propriedades do padrão comercial.

Avaliar as propriedades mecânicas, sonoras e expansão das amostras após a condimentação da cobertura.

Escolher as amostras que apresentaram maior semelhança com o padrão comercial no aspecto visual, para o teste de aceitabilidade global e ordenação de crocância.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 DRAGEAMENTO

O processo de drageamento é considerado uma das formas mais antigas de produção de confeitos. Esta técnica surgiu há mais de mil anos e era utilizada pelas civilizações egípcias. (GOMES, 2004)

Originalmente, as drágeas eram fabricadas em máquinas horizontais, suspensas por correntes sobre o fogo. O operador girava o equipamento manualmente para cobrir os centros com xarope, e posteriormente eram encaminhados para a etapa de secagem. Este processo iniciou-se com a aplicação de xaropes doces para a fabricação dos drageados de açúcar, que consistem em aplicação de camadas de xarope sobre um centro, com o objetivo de formar uma cobertura. (JACKSON, 1995)

Há diversas categorias de produtos drageados, dentre elas os drageados duros, os macios e os de chocolate (GOMES, 2004). Diversos tipos de “snacks” podem ser produzidos por drageamento, como o amendoim salgado tipo japonês, o amendoim crocante, ovinhos e outros.

O equipamento necessário para este processo é essencialmente o mesmo tanto para os drageados duros, quanto para os macios. A drageadeira é apoiada sobre uma base, inclinada em um ângulo de 30° em relação à linha horizontal, que pode variar de acordo com a aplicação. A rotação usual permanece entre 15rpm e 35rpm, que depende do tamanho do centro. Independentemente da rotação escolhida, esta deve ser suficiente para permitir que os centros rolem de forma macia e contínua. Este equipamento pode ser aquecido, através de eletricidade ou serpentinas de vapor. Porém, aquecimento é requerido apenas em drageados duros, embora alguns tipos de centro sejam sensíveis a altas temperaturas. (JACKSON, 1995)

O xarope ou calda de drageamento pode ser adicionado manualmente ou através de aspersores instalados. Embora o equipamento seja simples, seu desenho afeta o produto. Em qualquer drageadeira rotativa sempre existirá a chamada zona morta ou ponto de menor velocidade, na qual há pouca

movimentação dos centros. A localização exata desta zona depende do formato e do ângulo de inclinação da drageadeira. Há também a tendência de separação dos centros de acordo com o tamanho durante o processamento. Centros menores (e pouco cobertos) permanecem no fundo do equipamento, enquanto centros maiores e cachos (vários centros agregados) deslocam-se para a parte frontal. (JACKSON, 1995)

### 3.1.1 Amendoim Crocante e Amendoim Japonês

O amendoim crocante é um produto drageado e assado, similar ao amendoim japonês.

Entende-se por amendoim japonês o grão torrado e recoberto por camadas de caldas preparadas à base de fontes amiláceas como farinha de trigo, fécula de mandioca, amido de milho, farinha de arroz e maltodextrina, além de outros ingredientes como açúcar, sal, gordura vegetal hidrogenada, aromatizantes e molho shoyu, pelo processo de drageamento.

Na produção de amendoim japonês utiliza-se uma fonte de calor sob a drageadeira de forma a proporcionar simultaneamente a torrefação do grão a 220°C e a secagem da calda e modificação da estrutura da fonte de amido aplicada. Este procedimento não é necessário para a produção de amendoim crocante, pois a expansão do amido pré-gelatinizado inicia-se em temperaturas inferiores às de forneamento (170°C).

Registros de produtos similares ao amendoim crocante são encontrados no banco de patentes norte-americano e enquadram-se na categoria de “pulse snacks” ou “onon okename”, termo japonês. No trabalho desenvolvido por Chino e Nakada (U.S. Pat. No. 4053650), o produto desenvolvido possuía um centro natural, grãos de leguminosas como amendoim ou nozes como amêndoas, com cobertura aplicada por drageamento e assados em moldes constituídos por uma parte inferior e superior.

O preparo de confeitos assados, conhecidos como “pulseconfections”, ou grãos de leguminosas drageados, tais como amendoins e ervilhas, requer uma calda para adesão de uma mistura em pó composta por farinha

de arroz, farinha de trigo, amidos ou uma mistura destes produtos. A menor capacidade de absorção de umidade em relação à farinha de trigo é uma das características que estimulam a utilização da farinha de arroz (NABESHIMA; EL-DASH, 2004). Posteriormente, o produto é assado ou frito. O conhecido “ONOR OKENAME”, um produto convencional japonês é um típico exemplo de “pulse snack” assado.

No preparo do amendoim crocante, os centros são cobertos com misturas de farinhas e amido pré-gelatinizado. Posteriormente, os centros podem ser assados por um dispositivo com chama instalado na base da drageadeira, ou assados em um torrador rotativo ou forno estático e, como última alternativa, os centros podem ser fritos e secos separadamente. Em cada caso, a expansão acontece naturalmente e torna-se impossível controlar satisfatoriamente o formato externo do produto durante este processo. Conseqüentemente, a condição após a expansão, o grau de quebra ou rachadura da cobertura resulta em falta de uniformidade, o que dificulta o processo e exige que o operador seja habilidoso e experiente para obter um produto final com a cobertura de acordo com a textura desejada.

O método de cobrir um centro com uma massa e assá-lo é descrito por Turitz (U.S. Pat. No. 3,787,588). Entretanto, é difícil envolver um centro com uma fina camada de cobertura sem irregularidades em sua espessura de modo a resultar em diferenças na expansão, quando frito ou assado.

### 3.1.2 Amido de Mandioca Modificado e Pré-gelatinizado

Amido é o produto amiláceo extraído das partes aéreas comestíveis dos vegetais e grãos. Fécula é o produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais, tais como tubérculos, raízes e rizomas (FRANCO et al, 2002).

As fontes comerciais de amido mais importantes são os grãos de cereais, que apresentam de 40 a 90% do peso seco constituído por amido, os grãos de leguminosas, com 30 a 70% e as tuberosas, que têm de 65 a 85%. As cinco principais espécies consideradas mundialmente como fontes comerciais de amido

são o milho, trigo, arroz, batata e mandioca. Amidos de diferentes fontes têm grânulos de forma e tamanho distintos, além de outras particularidades superficiais. Grupos de plantas (cereais, raízes e tubérculos e leguminosas) apresentam amidos com características e propriedades funcionais diferentes, assim como plantas de mesma espécie podem apresentar frações amiláceas com propriedades diferenciadas. (FRANCO et al, 2002).

O Brasil é um grande produtor de mandioca e seu amido é largamente utilizado em vários processos industriais, principalmente no setor alimentício (SERRANO; FRANCO, 2005).

Os amidos naturais têm uma longa história na indústria de aperitivos, especialmente como ingredientes para a obtenção da textura desejada. A produção de diferentes tipos de snacks como assados, fritos e extrusados requer a utilização de amidos que, com suas características, melhoram a textura, crocância, adesão de aromas, aparência de superfície, aumentam a expansão, reduzem a quebra e facilitam o processamento ou formação de massa (FRANCO et al, 2003).

A variável que, ao longo dos anos, tem sido considerada como a de maior importância na determinação das propriedades funcionais é a relação amilose/amilopectina. (FRANCO et al, 2002.)

Em salgadinhos expandidos, a textura pode ser obtida pela alteração da relação amilose/amilopectina por meio de manipulação da mistura de amidos nativos ou naturais com diferentes teores destes polímeros. Amidos de milho com elevado teor de amilose, obtidos por manipulação genética de milho comum podem ser utilizados para aumentar a crocância. (FRANCO et al, 2003).

Em snacks extrusados, alto teor de amilose é desejável quando o produto necessita ser crocante e resistente. A amilopectina permite melhor manutenção da forma da pasta, que resiste mais a tratamentos suplementares como o corte e a secagem. (FRANCO et al, 2002.)

Em produtos extrusados, os amidos nativos não resistem bem a temperaturas altas e cortes, envolvidos nos processos de expansão por extrusão, semelhantes às temperaturas de torrefação de amendoim do tipo japonês. Os amidos geralmente usados para evitar esses problemas são amidos modificados com ligações cruzadas, que aumentam a capacidade de retenção de água. No caso de expansão indireta (com forneamento), o amido utilizado é o pré-gelatinizado. (FRANCO et al, 2002.)

A estrutura macro molecular do amido lhe confere propriedades particulares, tais como solubilidade, viscosidade, poder de gelatinização ou de adesão. Uma das propriedades mais importantes do amido é a gelatinização, propriedade esta que lhe permite absorver, no aquecimento, até 2,5 vezes seu peso inicial em água (FRANCO et al., 2002). Dentre os amidos, o de raízes e tubérculos é um dos que apresentam menor temperatura inicial de gelatinização, com valor médio em torno de 60°C (HOOVER apud SERRANO, FRANCO, 2005, p. 221).

Em snacks que expandem por forneamento, utiliza-se amido pré-gelatinizado porque nesses produtos a temperatura interna da massa aumenta mais lentamente que na fritura ou extrusão. Os amidos pré-gelatinizados não exigem cozimentos antes de assar para desenvolver a textura. O amido pré-gelatinizado de milho ceroso permite que a expansão ocorra em menor tempo. (FRANCO et al, 2003).

Uma característica valorizada pelo setor alimentício é a propriedade de expansão dos grânulos de amido. A busca dos fatores envolvidos no desenvolvimento da propriedade de expansão para a fécula de mandioca tem fomentado diversas pesquisas nos últimos anos. Estudos com outras fontes botânicas permitem a avaliação de outros fatores como diferentes porcentagens de amilose, tamanho de grânulos e cadeia de amilopectina que possam estar relacionados ao desenvolvimento desta propriedade após a modificação. Com o objetivo de estabelecer uma relação entre propriedades físico-químicas e propriedade de expansão, Chinnaswamy e Bhattacharya (apud LEONEL, GARCIA, REIS, 2004) estudaram amostras de arroz e afirmaram que o maior conteúdo de amilose correlacionou-se com a expansão. Mendes da Silva et al. (apud LEONEL, GARCIA, REIS, 2004), investigaram alguns fatores capazes de interferir na propriedade de expansão de biscoitos de fécula de mandioca obtida por fermentação natural. Foi observado que os biscoitos formulados com amilose ou amilopectina em substituição ao amido fermentado apresentaram baixo grau de expansão quando comparados ao padrão e as formulações com amido totalmente gelatinizado não apresentaram propriedade de expansão. Verificaram que o poder de expansão da massa dos biscoitos estava diretamente relacionado à gelatinização do amido fermentado, e foi favorecido pelo aumento do teor de água presente na formulação do biscoito, pois a velocidade de formação da estrutura do biscoito aumentou com o incremento do teor de água na formulação, pelo fato da

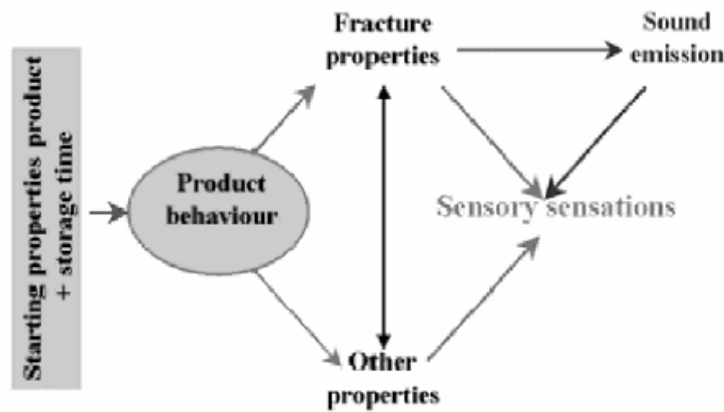
gelatinização durante o forneamento ocorrer em maior extensão e com mais facilidade, pela maior disponibilidade de água (LEONEL, GARCIA, REIS, 2004)

### 3.2 TEXTURA, PROPRIEDADES MECÂNICAS E SONORAS

Derivada do Latim, textura, que significa onda, originalmente referia-se à estrutura, sensações táteis e aparência de tecidos. Em 1992, o comitê da ISO (International Organization for Standardization) definiu textura como todos os atributos mecânicos, geométricos e de superfície perceptíveis de um produto, considerando propriedades receptoras mecânicas, táteis e, quando apropriado, visuais e auditivas (ROSENTHAL, 1999, p. 01).

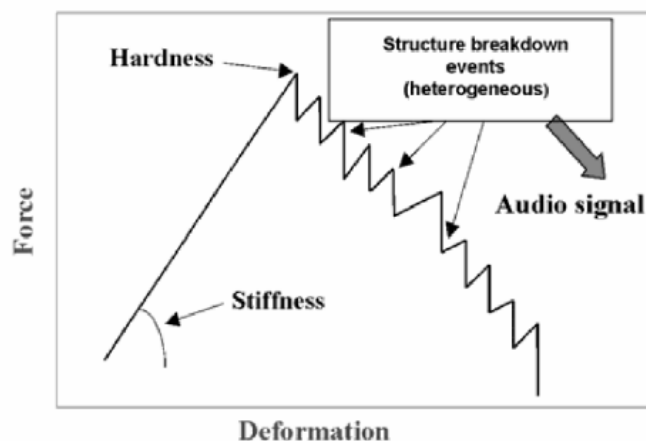
O ouvido humano é extremamente sensível à amplitude, frequência e duração do som considerado. O som percebido por humanos é precisamente analisado e o resultado interfere no julgamento do consumidor sobre os sentimentos associados à mastigação e ingestão dos alimentos. Materiais capazes de emitir sons familiares ao consumidor são considerados atrativos e estes são reconhecidos como sinais de frescor ou propriedades resultantes do processamento deste alimento. Crocância, traduzida em vários termos como “crunchiness” e “crispness”, é um atributo sensorial que surge da reação dos sentidos à desintegração mecânica acompanhada por uma emissão acústica. Ondas acústicas geradas durante a mastigação são conduzidas aos ouvidos pelo ar, ossos e tecidos da bochecha e língua (MARZEC, LEWICKI, RANACHOWSKI, 2007, p. 411).

A apreciação de muitos alimentos depende da crocância. Uma caracterização exata deste atributo sensorial ainda não está disponível, mas existe um consenso sobre a relação existente entre crocância e as propriedades de fratura. Em diversos estudos o papel desempenhado pelo som foi considerado muito importante na percepção de crocância. Além das características mecânicas e sonoras é provável que outros estímulos sejam importantes na aceitação da crocância, como o odor, a cor e o dulçor dos alimentos. No entanto, a origem exata, a importância relativa destes estímulos e como eles afetam a percepção de crocância ainda são desconhecidos (VICKERS apud LUYTEN; PLIJTER; VLIET, 2003, p. 379). As supostas inter-relações estão representadas na Figura 1.



**Figura 1** – Esquema geral dos diferentes estímulos que afetam a sensação de crocância (LUYTEN; PLIJTER; VLIET, 2003).

A deformação e a fraturabilidade de alimentos crocantes são freqüentemente estudadas como função do tempo em menores taxas de deformação com o objetivo de possibilitar o estudo de diferentes eventos de fratura separadamente. Um exemplo de curva de força de deformação típica de um produto crocante está representado na Figura 2.



**Figura 2** – Curva imaginária de força e deformação de um produto crocante, com as diferentes propriedades (LUYTEN; PLIJTER; VLIET, 2003).

De forma geral, cada fratura é acompanhada por um pico de força e um evento acústico. Entretanto para melhor compreensão deste comportamento, é necessário o estudo das propriedades mecânicas. A fratura em um material inicia-se

em áreas não-homogêneas, pois a compressão exercida no material concentra-se nestes pontos. Este fenômeno pode ser descrito por parâmetros mecânicos como concentração da deformação ou intensidade da deformação. Há uma relação entre estes parâmetros e a crocância, que ainda não é exatamente compreendida. A fratura e a velocidade de propagação da ruptura estão mais relacionadas com a energia envolvida. Se a velocidade de propagação da quebra é alta, pode ser acompanhada de eventos acústicos.

Crostras de pão e snacks fritos, assim como outros alimentos crocantes, possuem estrutura porosa: consistem em partes sólidas do material cercadas de células de ar. As propriedades mecânicas destes materiais porosos dependem das propriedades mecânicas dos sólidos, sua composição e homogeneidade, além da quantidade e estrutura dos poros. A fraturabilidade do produto depende da composição e do comportamento dos ingredientes (mobilidade), assim como a estrutura geométrica em diferentes escalas. Um complicador nesta análise é a morfologia não-homogênea de algumas crostras e o tamanho dos poros em relação à espessura da cobertura. (LUYTEN; PLIJTER; VLIET, 2003)

Vários testes instrumentais têm sido utilizados como medida objetiva dos estímulos produzidos pelas sensações texturais durante a mastigação dos alimentos, como exemplo testes de compressão e penetração. Embora existam correlações entre emissão acústica e a crocância avaliada sensorialmente, melhores relações são observadas quando as propriedades mecânicas de dureza e fraturabilidade são combinadas com as propriedades sonoras produzidas durante a mastigação dos alimentos por consumidores ou em testes instrumentais. Com a utilização de testes acústicos e mecânicos, equações são obtidas para estimar a crocância dos produtos. Mohammed et al (apud DUIZIER, 2001, p. 22) avaliaram várias propriedades mecânicas de alimentos frágeis, como biscoitos wafer. Os sons emitidos durante a deformação das amostras nos equipamentos foram mensurados e a energia sonora foi calculada como um componente acústico. Variáveis como trabalho realizado para ruptura, trabalho realizado antes da ruptura, trabalho durante a fratura, trabalho total até a completa compressão, fratura ou colapso, foram extraídas das curvas de deformação em função do tempo e força em função do tempo. Notas obtidas pela avaliação sensorial de crocância, dureza, taxa de quebra e intensidade de som foram coletadas e relacionadas com as propriedades mecânicas obtidas em equipamentos e medidas sonoras. O trabalho realizado

durante a fratura apresentou alta correlação com o atributo sensorial crocância ( $r = 0,878$ ), assim como a intensidade de som ( $r = 0,701$ ).

Fortes correlações têm sido encontradas entre crocância (“crunchiness” e “crispness”), propriedades mecânicas e acústicas quando um alimento é avaliado. Vickers, Seymour e Hamann (apud DUIZIER, 2001, p. 22) estudaram propriedades mecânicas e acústicas em batatas chips e usaram os resultados obtidos para gerar equações e estimar a crocância. Vickers combinou os parâmetros acústicos de número de picos de som e altura média dos picos com medidas instrumentais de picos de força, para prever crocância sensorial ( $r = 0,99$ ). Seymour e Hamann encontraram boas correlações entre crocância e medidas acústicas de pressão acústica média e trabalho mecânico ( $r = 0,978$ ).

### 3.2.1 Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas estão relacionadas com a reação do alimento à compressão e podem ser quantificadas por escalas padrão (BOURNE, 1982).

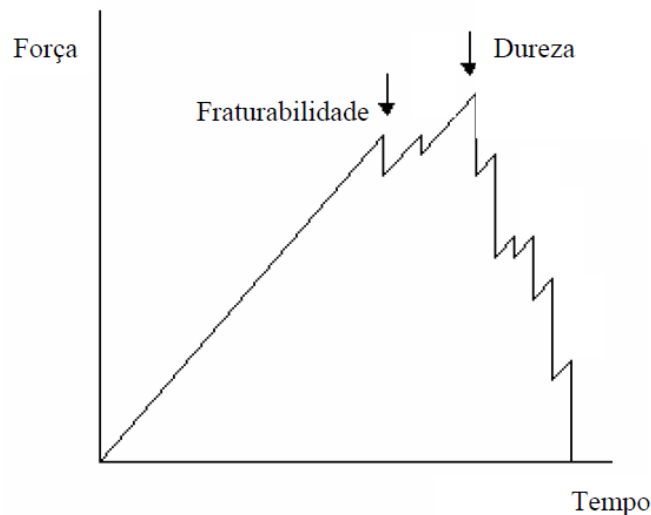
Dureza e fraturabilidade são as principais propriedades texturais dos alimentos, freqüentemente avaliadas por métodos sensoriais ou métodos instrumentais, como o texturômetro (PENG, SUN, CARSON, 2001, p. 135)

A propriedade mecânica dureza pode de ser definida como a máxima força na primeira mordida de um produto. É a força necessária para comprimir um alimento entre os dentes molares de um provador, capaz de provocar a quebra da amostra (BOURNE, 1982).

Fraturabilidade é a força necessária para romper, partir ou trincar uma amostra. Para avaliar esta propriedade, o alimento deve ser posicionado entre os dentes molares do provador para que ele morda até a quebra do produto. Outro fator que auxilia na determinação da fraturabilidade é o modo como a amostra quebra (de forma repentina) (BOURNE, 1982).

A contagem do número de picos de força de um gráfico de força (g) por tempo (s) também é uma importante propriedade na avaliação da crocância do produto. Pesquisas recentes mostram a relação existente entre a crocância do

produto e a média do número de picos durante a quebra, o que variou com os parâmetros estruturais dos produtos extrusados avaliados (DOGAN, KOKONI, 2006 apud PRIMO-MARTIN et al, 2008, p.480).



**Figura 3** – Gráfico de força (g) em função do tempo (s)  
**Fonte:** Stable Micro Systems.

### 3.2.2 Propriedades Sonoras e Crocância

Segundo Vincent (1998), crocância pode ser definida como uma experiência sensorial ou textural de morder um alimento o qual se quebra de maneira frágil, ou seja, de maneira repentina e com pouca deformação, sob pequena carga de compressão.

Este importante atributo para a qualidade do alimento é usualmente avaliado durante o consumo. A avaliação sensorial fornece uma medida direta da crocância do alimento, mas não é um método conveniente para testes rotineiros. Uma alternativa para a avaliação deste atributo é a análise dos sons produzidos durante a mordida ou mastigação. As relações existentes entre a crocância e as características sonoras dos alimentos têm sido estudadas por vários cientistas (LIU, TAN, 1999, p. 397).

Emissão acústica é um processo de geração e propagação de ondas elásticas produzidas pela liberação repentina de energia interna acumulada em

determinado ponto do material avaliado. (WITOS apud MARZEC, LEWICKI, RANACHOWSKI, 2007, p. 410).

Alguns termos associados a esta propriedade sonora são muito utilizados, como “crispy”, “crunchy” e “crackly”, generalizados como crocantes. A tradução é prejudicada pela ausência de termos técnicos específicos, mas características associadas à intensidade dos picos de som e à frequência com que se apresentam auxiliam sua diferenciação. Alimentos considerados “crispy” são aqueles que apresentam elevados picos de som e elevada frequência (média de 5 kHz). O termo “crunchy” está relacionado aos alimentos com baixos picos de som e de menor frequência em comparação com o anterior (média de 1,25 - 2 kHz). “Crackly” são os alimentos que emitem sons de baixos picos e elevada condução pelos ossos ao ouvido (DACREMONT apud MARZEC, LEWICKI, RANACHOWSKI, 2007, p. 411).

A crocância é negativamente afetada pelo aumento no conteúdo de água ou atividade de água. Outros fatores que a afetam são as propriedades dos materiais (composição, propriedades físicas dos componentes) e a estrutura do produto (LUYTEN; PLIJTER; VAN VLIET, 2004 apud PRIMO-MARTIN et al., 2008, p.480). Muitos autores sugerem que a crocância de um alimento é afetada pelo tamanho das células de ar e pela espessura das paredes das células, mas não há diretrizes claras para a indústria alimentícia (PRIMO-MARTIN et al., 2008, p.480).

Diferentes parâmetros acústicos foram utilizados para a caracterização da crocância em alimentos (“crispness”, “crunchiness” e “crackliness”), como a amplitude de ondas acústicas, a altura média dos picos de som, o número de picos de som, a energia acústica, a pressão sonora ou a intensidade acústica, a análise de Fourier e as análises de fratura (MARZEC, LEWICKI, RANACHOWSKI, 2007, p. 411).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 PRODUÇÃO DAS AMOSTRAS DE AMENDOIM CROCANTE

As amostras de amendoim crocante foram produzidas segundo um planejamento fatorial 2 x 2 x 5, no qual as variáveis independentes foram: tipo de calda (açúcar ou dextrina), tipo de farinha (trigo ou arroz) e proporção farinha:amido modificado (60:40; 50:50 e 40:60), de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1** – Planejamento fatorial 2 x 2 x 5 utilizado para produção de amendoim crocante.

| CÓDIGO DAS AMOSTRAS | TIPO DE CALDA | TIPO DE FARINHA | PROPORÇÃO FARINHA:AMIDO MODIFICADO |
|---------------------|---------------|-----------------|------------------------------------|
| FT60/40D            | Dextrina      | Trigo           | 60:40                              |
| FT40/60D            |               |                 | 40:60                              |
| FT70/30D            |               |                 | 70:30                              |
| FT30/70D            |               |                 | 30:70                              |
| FT50/50D            |               |                 | 50:50                              |
| FA60/40A            | Açúcar        | Arroz           | 60:40                              |
| FA40/60A            |               |                 | 40:60                              |
| FA70/30A            |               |                 | 70:30                              |
| FA30/70A            |               |                 | 30:70                              |
| FA50/50A            |               |                 | 50:50                              |
| FT60/40A            | Açúcar        | Trigo           | 60:40                              |
| FT40/60A            |               |                 | 40:60                              |
| FT70/30A            |               |                 | 70:30                              |
| FT30/70A            |               |                 | 30:70                              |
| FT50/50A            |               |                 | 50:50                              |
| FA60/40D            | Dextrina      | Arroz           | 60:40                              |
| FA40/60D            |               |                 | 40:60                              |
| FA70/30D            |               |                 | 70:30                              |
| FA30/70D            |               |                 | 30:70                              |
| FA50/50D            |               |                 | 50:50                              |

**Tabela 2** – Planejamento fatorial 2<sup>3</sup> utilizado para produção de amendoim crocante.

| TIPO DE CALDA | TIPO DE FARINHA | PROPORÇÃO FARINHA:AMIDC MODIFICADO |
|---------------|-----------------|------------------------------------|
| -1            | -1              | -1                                 |
| +1            | -1              | -1                                 |
| -1            | +1              | -1                                 |
| +1            | +1              | -1                                 |
| -1            | -1              | +1                                 |
| +1            | -1              | +1                                 |
| -1            | +1              | +1                                 |
| +1            | +1              | +1                                 |
| -1            | -1              | 0                                  |
| +1            | -1              | 0                                  |
| -1            | +1              | 0                                  |
| +1            | +1              | 0                                  |
| -1            | -1              | 0                                  |
| +1            | -1              | 0                                  |
| -1            | +1              | 0                                  |
| +1            | +1              | 0                                  |

Para o cálculo dos efeitos das variáveis foi empregado um planejamento fatorial 2<sup>3</sup> completo com repetição no ponto central apenas da variável Proporção Farinha:Amido modificado, de acordo com procedimento descrito por Montgomery (2000) (Tabela 2) uma vez que as demais variáveis são qualitativas (Tipo de Calda e Tipo de Farinha). A codificação dos níveis das variáveis está descrita na Tabela 3.

**Tabela 3** – Codificação das variáveis no planejamento fatorial 2<sup>3</sup>.

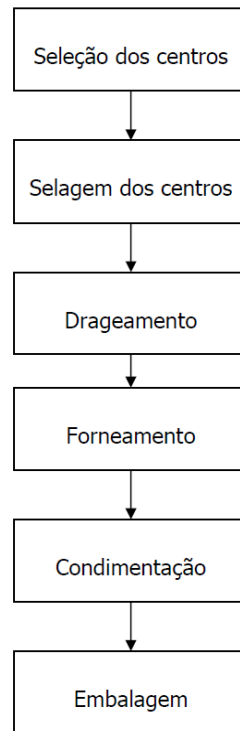
| NÍVEIS | TIPO DE CALDA | TIPO DE FARINHA | PROPORÇÃO FARINHA:AMIDO MODIFICADO |
|--------|---------------|-----------------|------------------------------------|
| -1     | Dextrina      | Trigo           | 60:40                              |
| +1     | Açúcar        | Arroz           | 40:60                              |
| 0      | -             | -               | 50:50                              |

Como respostas do planejamento fatorial foram avaliadas: dureza, número de picos de força, fraturabilidade, crocância, número de picos de som, intensidade do som, expansão, parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $H^*$ ).

Exclusivamente para a análise da influência das variáveis sobre as respostas, devido à melhor possibilidade de avaliação, foram utilizados apenas os dados de 12 ensaios para um planejamento fatorial  $2^3$  completo com repetição no ponto central para a proporção farinha/amido modificado, segundo Montgomery (2000). Os experimentos utilizados para este fatorial correspondem às proporções entre farinha/ amido modificado de 60/40, 40/60 e 50/50 em cada um dos quatro testes. Com a repetição do ponto central em apenas um das variáveis (proporção) é possível obter as respostas provenientes da realização dos ensaios com os demais fatores no nível zero, o que corresponderia a calda de dextrina e açúcar (50% de dextrina e 50% de açúcar) e farinha de trigo e arroz (50% de farinha de trigo e 50% de farinha de arroz).



**Figura 4** – Drageadeira Siaht de 10 litros



**Figura 5** – Fluxograma de fabricação do amendoim crocante.

Para a obtenção das amostras de amendoim crocante foi utilizada drageadeira da marca Siaht com capacidade de 10 litros, apresentada na Figura 4.

Em cada formulação produzida, o equipamento foi carregado com 500g de amendoim (*Arachis hypogaea L.*) do cultivar Runner, selecionados de acordo com sua granulometria na etapa de classificação (50/60). O fluxograma do processo completo está representado na Figura 5.

#### 4.1.1 Selagem

Nesta etapa do processo, foi utilizada uma solução de goma acácia a 40% (JACKSON, 1995) para a proteção da cobertura contra a migração do óleo a partir dos centros, o que causa manchas na superfície. Foi utilizada farinha de trigo ou de arroz, de acordo com a formulação, para secar a superfície, com a finalidade de evitar adesividade entre os centros.

#### 4.1.2 Cobertura

A cobertura do amendoim selado foi feita com uma mistura de farinha (trigo ou arroz), sal e amido de mandioca modificado quimicamente e pré-gelatinizado, para aplicação sobre 500g de grãos crus de amendoim, pesadas em balança semi-analítica, da marca GEHAKA, modelo BG2000. Para que a mistura de farinha e amido permanecesse aderida ao centro, foi utilizada uma calda, preparada a base de sacarose ou dextrina alimentícia.

O preparo da calda de sacarose foi feito com a pesagem do açúcar cristal, sal e água, seguida de mistura em tanque encamisado sob pressão atmosférica e aquecimento até atingir a concentração de sólidos solúveis desejada. Posteriormente o xarope foi mantido sob aquecimento (entre 80°C e 90°C) para aplicação sobre os centros.

A calda de dextrina foi preparada com açúcar cristal, sal refinado, água e dextrina alimentícia. Todos os ingredientes foram pesados e misturados em tanque encamisado sob pressão atmosférica e aquecimento até atingir 90°C, com posterior resfriamento até temperatura ambiente para aplicação.

Em todas as formulações, foi utilizada a mesma quantidade de calda e misturas em pó, e mesmo número de camadas aplicadas sobre os centros.

#### 4.1.3 Forneamento

O forneamento das amostras foi realizado em forno estático a gás, de marca comercial Perfecta Curitiba, modelo VIPAO A GASTRIF, de 60hz e 220V, dotado de ventilação interna de rotação em sentido horário e anti-horário (intercalados), com seis níveis para colocação de assadeiras em alumínio perfuradas, com a finalidade de aumentar a eficiência de circulação do ar quente dentro do equipamento, conforme Figura 6. Foram utilizadas temperaturas de 150°C a 200 °C, segundo Chino e Nakada (U.S. Pat. No. 4053650).



**Figura 6 – Forno estático**

#### 4.1.4 Condimentação

A condimentação foi realizada imediatamente após o forneamento, pela aplicação de gordura vegetal hidrogenada, maltodextrina, sal micronizado e corante natural urucum no mesmo equipamento que foi utilizado para a cobertura do amendoim.

#### 4.1.5 Embalagem

O acondicionamento das amostras de 200g foi feito em embalagem laminada de polipropileno em máquina flowpack vertical.

## 4.2 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

As propriedades mecânicas dureza (g), o nº de picos de força (contagem) e fraturabilidade (g) foram determinados utilizando o Texturômetro TA.XT2i (Stable Micro Systems). Vinte e cinco unidades de amendoim crocante, de tamanho e formato similares, foram uniaxialmente comprimidas com ponta de prova cilindro P/25 e adaptador AD/60. A determinação das propriedades mecânicas da cobertura foi feita individualmente, posicionando-se uma unidade por vez sob a ponta de prova para compressão de 2,5mm, distância necessária para quebrar apenas a cobertura . As condições de teste estão descritas na Tabela 4. As duas primeiras propriedades também foram determinadas no texturômetro TA.XT Plus, mencionado nas propriedades sonoras do item a 4.3.



**Figura 7** – Texturômetro TA. XT2i

A propriedade dureza pode ser definida como a força máxima para romper a cobertura do amendoim crocante. A contagem do número de rupturas causadas na amostra durante a compressão da ponta de prova é denominada de número de picos de força. A propriedade mecânica denominada como fraturabilidade é a força necessária para realizar a primeira ruptura da cobertura de amendoim, mensurada em gramas.

**Tabela 4** – Condições do Texturômetro TA. XT2i para análise das propriedades mecânicas do amendoim crocante

| <b>Parâmetros do Texturômetro</b> | <b>Valores</b> |
|-----------------------------------|----------------|
| Velocidade de pré-teste           | 1,0mm/s        |
| Velocidade de teste               | 0,5mm/s        |
| Velocidade após teste             | 0,5mm/s        |
| Distância                         | 2,5 mm         |

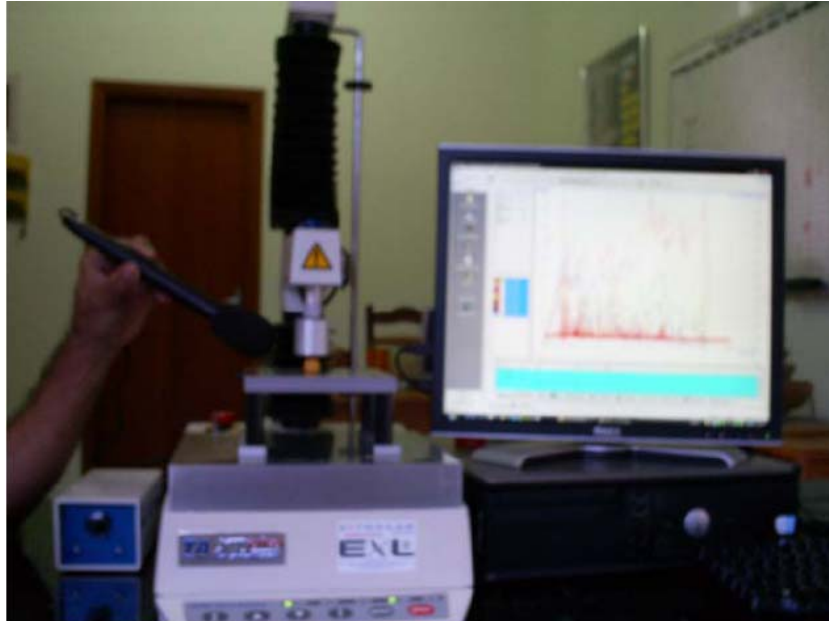


**Figura 8** – Amostra de amendoim crocante durante análise no Texturômetro TA XT Plus - Extralab Brasil

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES SONORAS

As propriedades crocância, número de picos de som (contagem) e intensidade do som foram determinados utilizando o Texturômetro TA.XT Plus (Stable Micro Systems). Dez unidades de amendoim crocante, de tamanho e formato similares, foram unixialmente comprimidas com ponta de prova cilindro P/25 e adaptador AD/60. A determinação das propriedades sonoras da cobertura foi feita individualmente, posicionando-se uma unidade por vez sob a ponta de prova para

compressão de 2,0 mm, distância necessária para quebrar apenas a cobertura. As condições de teste estão descritas na Tabela 5.



**Figura 9** – Texturômetro TA XT Plus - Extralab Brasil

**Tabela 5** – Condições do texturômetro TA. XT2i para análise das propriedades de som do amendoim crocante

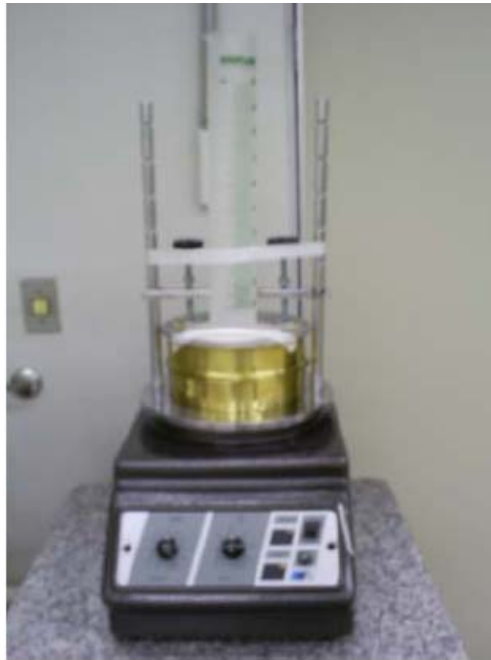
| Parâmetros do Texturômetro | Valores |
|----------------------------|---------|
| Velocidade de pré-teste    | 1,0mm/s |
| Velocidade de teste        | 1,0mm/s |
| Velocidade após teste      | 1,0mm/s |
| Distância                  | 2 mm    |
| Som                        | Volts   |

#### 4.4 EXPANSÃO TOTAL

Devido à grande variabilidade em formato entre os grãos de amendoim do cultivar Runner 50/60, mesmo após a etapa de classificação, foi

determinado o deslocamento de volume pela técnica dos grãos de painço (em triplicata).

Inicialmente foram pesados 100g de amostra de amendoim e 500g de grãos de painço, em balança semi-analítica, da marca GEHAKA, modelo BG2000. Utilizou-se uma proveta plástica de 1000ml, acoplada ao agitador de peneiras, para padronizar a compactação das amostras, conforme Figura 10. Os grãos de painço, juntamente com a amostra, foram acomodados na proveta, de forma a permitir máxima homogeneização. O conjunto foi encaixado ao agitador de peneiras e colocado para vibrar na intensidade 10 por 5 minutos. Foi determinado o deslocamento de volume por leitura direta.



**Figura 10** – Conjunto de agitador de peneiras e proveta de 1000ml para determinação da expansão total dos amendoins.

A análise de expansão total da cobertura foi realizada para os grãos cobertos e assados sem condimentação e com condimentação, além do padrão comercial KING NUTS. Os resultados foram comparados com o volume inicial de grãos crus.

O resultado final foi obtido da equação:

$$V_{\text{deslocado da amostra}} = V_{\text{total}} - V_{\text{amendoim cru}}$$

#### 4.5 ANÁLISE DE COR

Determinou-se a cor da cobertura de 30 unidades de amendoins por formulação, após o forneamento e sem condimentação utilizando colorímetro Gardner modelo 1997 V3 20 Colorguide 45/0 (D65/10°), através do sistema L\*, a\*, b\*.

No sistema Hunter de cor, corrigido pela Cielab, os valores L\* (luminosidade) variam entre 0 (preto) e 100 (branco), os valores de a\* e b\* (coordenadas de cromaticidades) variam de -a (verde) até +a (vermelho), e -b (azul) até o +b (amarelo). A partir dos valores de a\* e b\*, foram calculados os valores de Chroma (saturação) e hue (tonalidade cromática), caracterizando o sistema CIELCh, derivado do sistema CIELAB.

#### 4.6 ANÁLISE SENSORIAL

##### 4.6.1 Teste de Aceitação Global

O teste afetivo de aceitação global foi realizado com o objetivo de avaliar o grau com que consumidores gostam ou desgostam dos produtos oferecidos.

Foram avaliadas quatro amostras condimentadas, selecionadas dentre as 20 formulações iniciais, por 26 consumidores potenciais do produto, do sexo feminino e masculino, com idade entre 18 e 35 anos. Cada consumidor recebeu um copo de plástico descartável com uma amostra de cada vez, codificado com número de três dígitos aleatórios, juntamente com um copo com água a temperatura ambiente.

Solicitou-se aos voluntários que avaliassem a amostra de uma forma global (impressão geral) e, em seguida, utilizassem a escala hedônica de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo; 9 = gostei muitíssimo) para expressar o quanto gostaram ou desgostaram.

#### 4.6.2 Teste de Ordenação de Crocância

O teste de ordenação de intensidade de crocância foi realizado com 26 provadores, selecionados a partir dos 40 voluntários que receberam orientações para avaliação do atributo crocância de amendoim coberto, durante três sessões.

As quatro amostras utilizadas no treinamento, apresentadas na Tabela 6, foram previamente analisadas, segundo sua fratura, no texturômetro TA.XT2i, de acordo com procedimento padrão da American Institute of Baking (AIB) para Corn Tortilla Chips. A definição, técnica de avaliação e amostras de referência para o atributo crocância empregadas foram extraídas do método Spectrum para análise descritiva citado por Meilgaard et al (1999).

Os indivíduos foram instruídos a avaliarem cada amostra colocando-as entre os dentes molares e mordendo-as de modo uniforme até a quebra. Crocância foi definida como a força e o ruído com que o produto quebra ou fratura quando mastigado com os dentes molares (primeira e segunda mastigada). Foram apresentadas aos voluntários várias amostras de alimentos com diferentes intensidades de crocância, inclusive uma amostra de referência não-crocante (barra de cereais) para avaliar a percepção e compreensão do atributo.

Para seleção dos provadores as amostras descritas na Tabela 6 foram apresentadas aos candidatos em ordem aleatorizada e foi solicitado a cada um que as ordenassem, de forma crescente, quanto a intensidade de crocância. Foram selecionados os candidatos que acertaram pelo menos três posições dentre as quatro oferecidas.

**Tabela 6** – Amostras comerciais utilizadas na seleção dos provadores.

| <b>Amostra</b>                | <b>Dureza (g)</b> | <b>Posição na<br/>Ordenação*</b> | <b>Valor de<br/>intensidade de<br/>crocância na<br/>Escala<br/>Spectrum**</b> |
|-------------------------------|-------------------|----------------------------------|---|
| Magic Toast ®                 | 716,961           | 4                                | 17.0  |
| Corn Flakes®<br>sem açúcar    | 140,252           | 3                                | 14.0  |
| Club social®<br>(tradicional) | 474,494           | 2                                | 5.0   |
| Barra de<br>Cereais (Côco)    | 322,921           | 1                                | 2.0   |

\* posição zero = menos crocante / posição 3 = mais crocante

\*\* *Spectrum Intensity Scales for Descriptive Analysis – Standard Crispness Scale*

O teste de ordenação de intensidade de crocância dos amendoins cobertos foi realizado segundo Meilgaard et al. (1991), com a apresentação das quatro amostras condimentadas, selecionadas a partir das 20 formulações iniciais. Foram servidas aos provadores em ordem aleatória, em copos de plástico descartáveis, codificados, juntamente com água à temperatura ambiente.

Foi solicitado aos provadores que, ao degustar as amostras, da esquerda para a direita, ordenassem-nas na ficha fornecida de forma crescente, da menos crocante (posição 1) para a mais crocante (posição 4).

#### 4.7 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

As amostras foram secas em estufa de circulação de ar por 24 horas e colocados sobre uma fita de carbono dupla face, a qual foi colada em “stubs”. As amostras foram recobertas com ouro em metalizador BAL –TEC SCD 050 Sputter Coater e observadas em Microscópio Eletrônico de Varredura Quanta 200 (FEI) da Phillips, sob tensão de 20KV. (SEIBEL, 2006).

#### 4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizado o programa STATISTICA for Windows versão 6.0 para a análise do fatorial, para o teste “t” de Student e Dunnett.

Um planejamento fatorial  $2^3$  completo, com uma repetição no ponto central, descrito no item 4.1 de forma independente para as formulações, foi feito para avaliar o efeito das variáveis independentes (calda, farinha e proporção farinha/amido modificado) sobre as respostas (propriedades mecânicas e de som, expansão total e cor)

O teste “t” de Student foi aplicado entre amostras não - condimentadas e condimentadas de mesma formulação a fim de avaliar alterações nas propriedades mecânicas e sonoras pela adição de gordura vegetal hidrogenada.

Foi aplicado o teste de Dunnett entre amostras condimentadas em relação ao padrão comercial para selecionar a formulação mais semelhante em termos de propriedades mecânicas, de som e expansão.

O programa estatístico SAS (Statistical Analysis System – SAS Institute Inc. North Carolina, USA) foi utilizado para analisar os resultados do teste afetivo de aceitação global por ANOVA.

O teste de Friedmann com um nível de significância de 5% foi aplicado para o teste de ordenação de crocância do produto.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas dos experimentos da análise do fatorial  $2^3$  completo com repetição no ponto central para a variável proporção correspondem as 16 amostras de proporção farinha:amido modificado de 60/40 e 40/60 com o ponto central 50/50. Foram descritas propriedades mecânicas, sonoras, cor e expansão total. O planejamento fatorial está descrito na Tabela 2, item 4.1 e a codificação dos níveis das variáveis na Tabela 3.

### 5.1 PROPRIEDADES MECÂNICAS

Os valores dos efeitos das variáveis do planejamento fatorial  $2^3$ , Tipo de Calda (TC), Tipo de Farinha (TF) e Proporção Farinha:Amido Modificado (PFA) sobre as propriedades mecânicas do amendoim drageado (Número de Picos de Força, Dureza e Fraturabilidade) estão representados na Tabela 7.

**Tabela 7 –** Efeito das variáveis do planejamento  $2^3$  sobre as propriedades mecânicas do amendoim drageado.

| Variável     | Nº Picos de Força |                 | Dureza da cobertura (g) |                 | Fraturabilidade (g) |                 |
|--------------|-------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
|              | Efeito            | p               | Efeito                  | p               | Efeito              | p               |
| <b>Média</b> | <b>19,87</b>      | <b>&lt;0,01</b> | <b>2924</b>             | <b>&lt;0,01</b> | <b>1833</b>         | <b>&lt;0,01</b> |
| TC           | -0,55             | 0,23            | <b>645</b>              | <b>&lt;0,01</b> | <b>1016</b>         | <b>&lt;0,01</b> |
| TF           | <b>-1,29</b>      | <b>&lt;0,01</b> | <b>-370</b>             | <b>&lt;0,01</b> | <b>-549</b>         | <b>&lt;0,01</b> |
| PFA          | <b>-2,28</b>      | <b>&lt;0,01</b> | -164                    | 0,20            | <b>-321</b>         | <b>&lt;0,01</b> |
| TC x TF      | <b>2,27</b>       | <b>&lt;0,01</b> | <b>-462</b>             | <b>&lt;0,01</b> | <b>-475</b>         | <b>&lt;0,01</b> |
| TC x PFA     | <b>3,82</b>       | <b>&lt;0,01</b> | <b>-269</b>             | <b>0,04</b>     | -80                 | 0,48            |
| TF x PFA     | <b>-2,08</b>      | <b>&lt;0,01</b> | <b>593</b>              | <b>&lt;0,01</b> | <b>346</b>          | <b>&lt;0,01</b> |

p: nível de significância

TC: Tipo de Calda ; TF: Tipo de Farinha ; PFA: Proporção Farinha:Amido Modificado

### 5.1.1 Dureza

De acordo com os efeitos calculados (Tabela 7) a dureza da cobertura dos amendoins foi influenciada pelas variáveis estudadas (TC e TF) e as interações (TC x TF; TC x PFA; TF x PFA) e o resultado pode ser visualizado na Figura 11. A equação que representa a dureza da cobertura é:

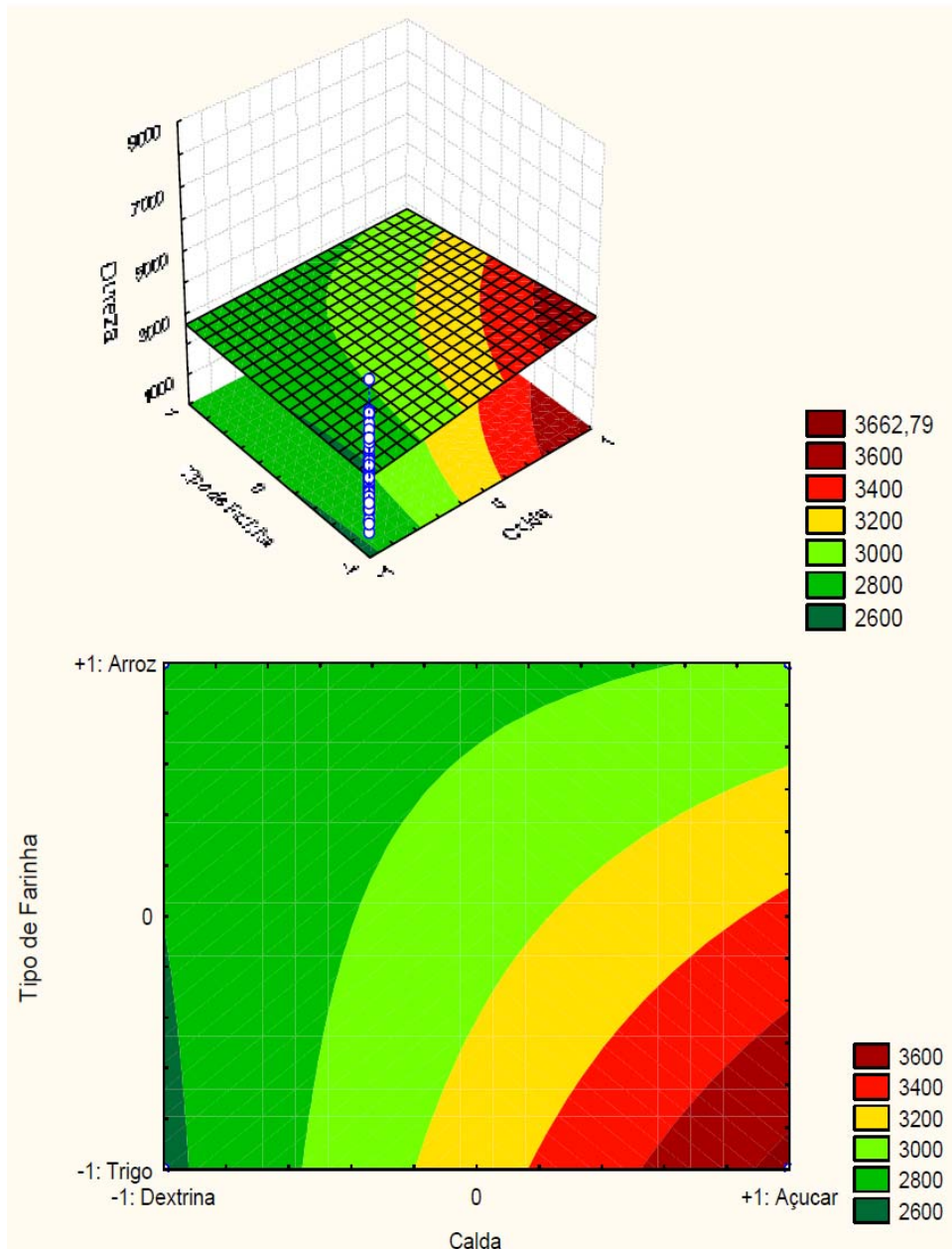
$$\text{Dureza} = 2924,39 + 322,47 [\text{Calda}] - 184,86 [\text{Farinha}] - 231,07 [\text{Calda*Farinha}] - 134,48 [\text{Calda *Proporção}] + 296,74 [\text{Farinha *Proporção}]$$

O efeito do Tipo de Calda (TC) foi positivo (+645 g), ou seja, a calda de açúcar (+1) aumenta em torno de 645 g o valor da dureza em relação aos amendoins revestidos com calda de dextrina (-1). O valor médio da dureza foi de 2.924 g, portanto o efeito do Tipo de Calda não pode ser desprezado pois corresponde a 22% da média de dureza.

A variável Tipo de Farinha (TF) apresentou um efeito negativo (-370 g), desta forma pode-se afirmar que a farinha de trigo (-1) aumenta a dureza do amendoim coberto em relação a farinha de arroz (+1) em torno de 370 g. O efeito de TF não é tão pronunciado quanto de TC mas não pode ser desprezado, pois existe uma interação TF x TC, cujo efeito foi de -462 g. Neste caso, a associação da calda de açúcar (+1) com a farinha de trigo (-1) ou da calda de dextrina (-1) com a farinha de arroz (+1) aumenta a dureza do produto em torno de 462 g.

A variável Proporção Farinha:Amido modificado (PFA) foi a que apresentou o menor efeito absoluto sobre a dureza (-164 g), quando comparado com as demais variáveis, e indica que quanto maior a proporção de farinha em relação ao amido modificado, maior a dureza do produto. Provavelmente isto ocorre pela maior capacidade de absorção de água sob temperatura ambiente e incorporação de ar do amido modificado em relação à farinha, que resulta em vaporização da água na etapa de forneamento e expansão do ar incorporado com a formação de poros, que aumentam a fragilidade da estrutura e diminuem a dureza. Apesar do pequeno efeito, a variável PFA apresentou interações significativas com as demais variáveis. No caso da interação TC x PFA o efeito foi negativo (-269 g), ou seja, quando temos calda de açúcar com uma proporção farinha:amido 60:40 ou calda de dextrina com uma proporção farinha:amido 40:60 há um aumento da

dureza em torno de 269 g. Já a interação TF x PFA foi alta em relação às demais e positiva (+593 g), indicando que a utilização de farinha de trigo e uma proporção farinha:amido 60:40 ou farinha de arroz e uma proporção farinha:amido 40:60 aumentam a média da dureza em torno de 593 g.



**Figura 11** – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Dureza.

Uma das características indesejadas no amendoim crocante é a elevada dureza, considerada um fator de rejeição neste produto, pois esta é uma

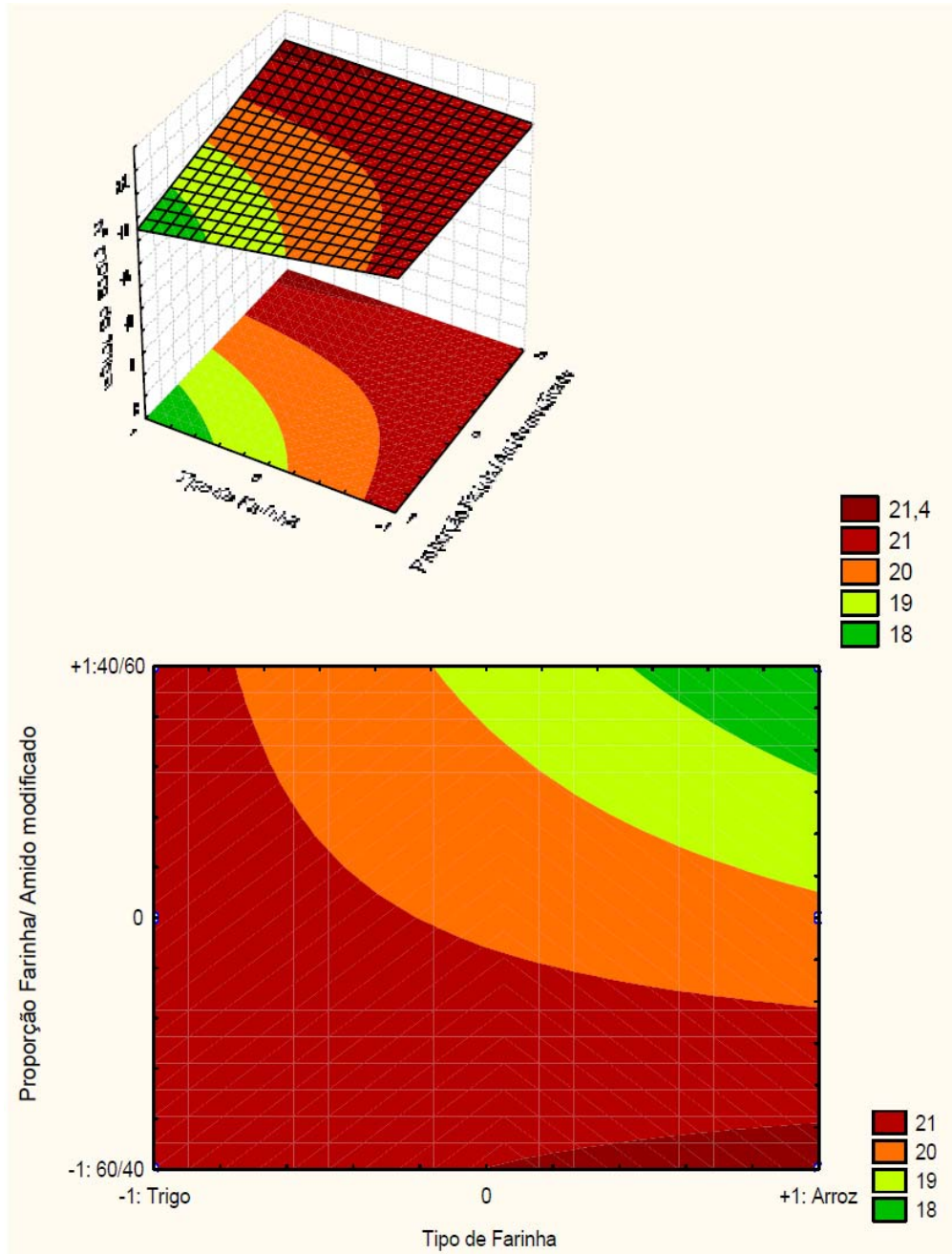
propriedade mecânica atribuída ao amendoim japonês ( $D = 7761 \pm 1836g$ ). O amendoim japonês é um produto preparado com fécula de mandioca e farinha de trigo, torrado a  $200^{\circ}C$  e condimentado com gordura vegetal hidrogenada e molho shoyu, enquanto o amendoim crocante usa farinha de arroz, farinha de trigo e amido modificado, é assado a  $170^{\circ}C$  e condimentado com gordura vegetal hidrogenada, sal, corante urucum e temperos desidratados.

### 5.1.2 Número de Picos de Força

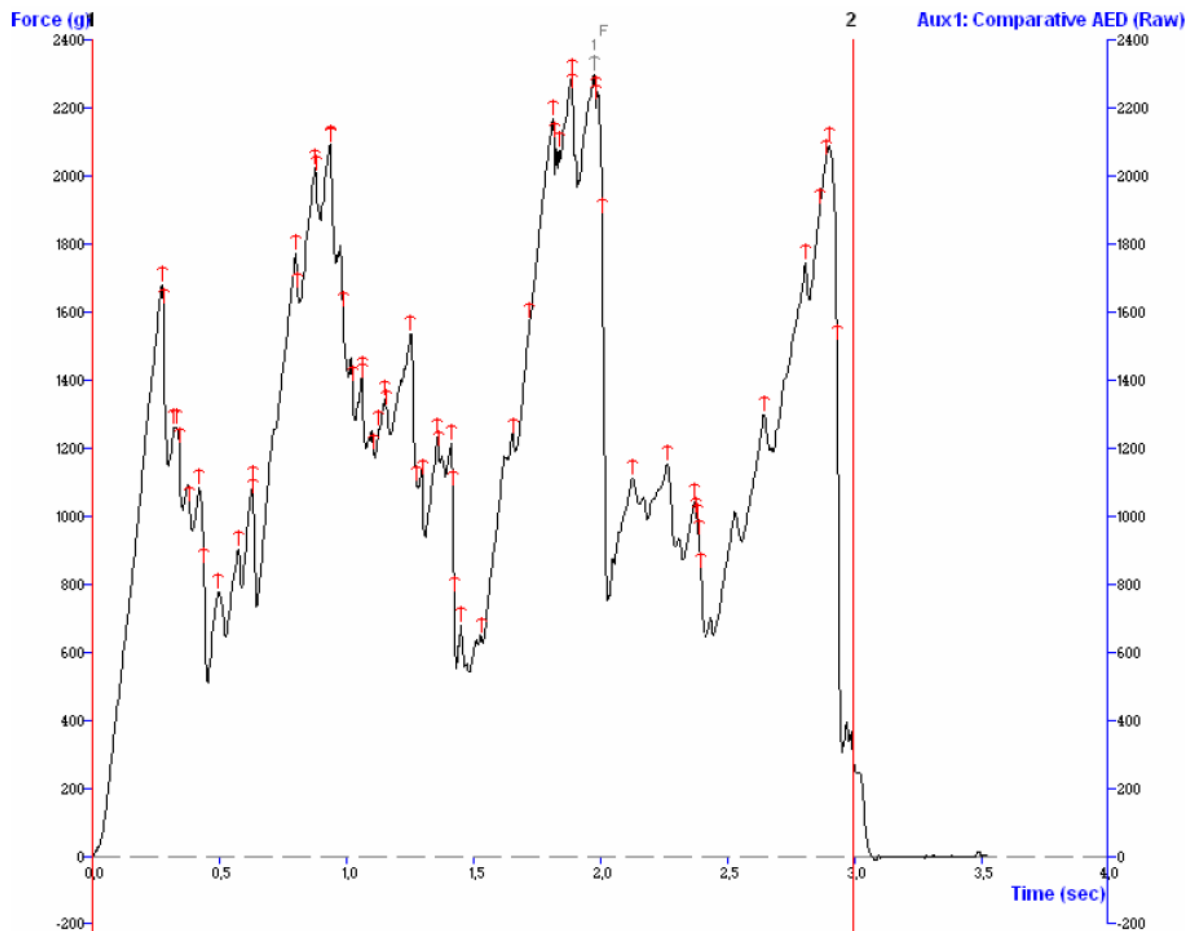
De acordo com os efeitos calculados (Tabela 7), o número de picos de força foi influenciado pelas variáveis Tipo de Farinha (TF) e Proporção Farinha: amido modificado (PFA) e todas as interações (TC x TF; TC x PFA; TF x PFA). O resultado pode ser visualizado na Figura 12. A equação que representa o número de picos de força é:

**Nº de picos de força** =  $19,87 - 0,65 [\text{Farinha}] - 1,14 [\text{Proporção Farinha/Amido modificado}] + 1,13 [\text{Calda *Farinha}] + 1,91 [\text{Calda *Proporção}] - 1,04 [\text{Farinha *Proporção}]$

O efeito do Tipo de Farinha (TF) foi negativo (-1,29), ou seja, a farinha de trigo (-1) aumenta em torno de 1,29 o número de picos de força em relação aos amendoins cobertos com farinha de arroz. O valor médio do número de picos de força 19,87.



**Figura 12 –** Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Proporção farinha:amido modificado e Tipo de Farinha sobre a resposta Número de Picos de Força.



**Figura 13** – Gráfico de força (g) em função do tempo (s) gerado no TA XT Plus Stable Micro Systems durante a compressão da cobertura de uma amostra de amendoim crocante.

A variável proporção farinha:amido modificado (PFA) foi a que apresentou maior efeito absoluto sobre o número de picos de força (-2,28) quando comparado com as demais variáveis, e indica que quando maior a proporção de farinha em relação ao amido modificado (60:40), maior o número de picos de força do produto, provavelmente pela formação de paredes mais espessas entre os poros da cobertura, atribuídas à farinha. A variável Tipo de Calda (TC) não apresentou efeito significativo. Porém, suas interações com as demais variáveis foram importantes. Na interação TC x TF, o efeito foi positivo (2,27), ou seja, a utilização da calda de dextrina e farinha de trigo resultam em aumento da resposta Número de picos de força. Na interação TC x PFA, o efeito positivo (+3,82) indica que a associação de calda de dextrina e maior proporção de farinha em relação ao amido modificado, provocam aumento na resposta em torno de 3,82 picos de força. A

interação entre TF x PFA foi a única a apresentar efeito negativo (-2,08), o que indica que a combinação entre farinha de trigo (-1) e maior proporção de amido modificado (+1) ou entre farinha de arroz (+1) e maior proporção de farinha em relação ao amido modificado (-1), aumentam a resposta número de picos de força.

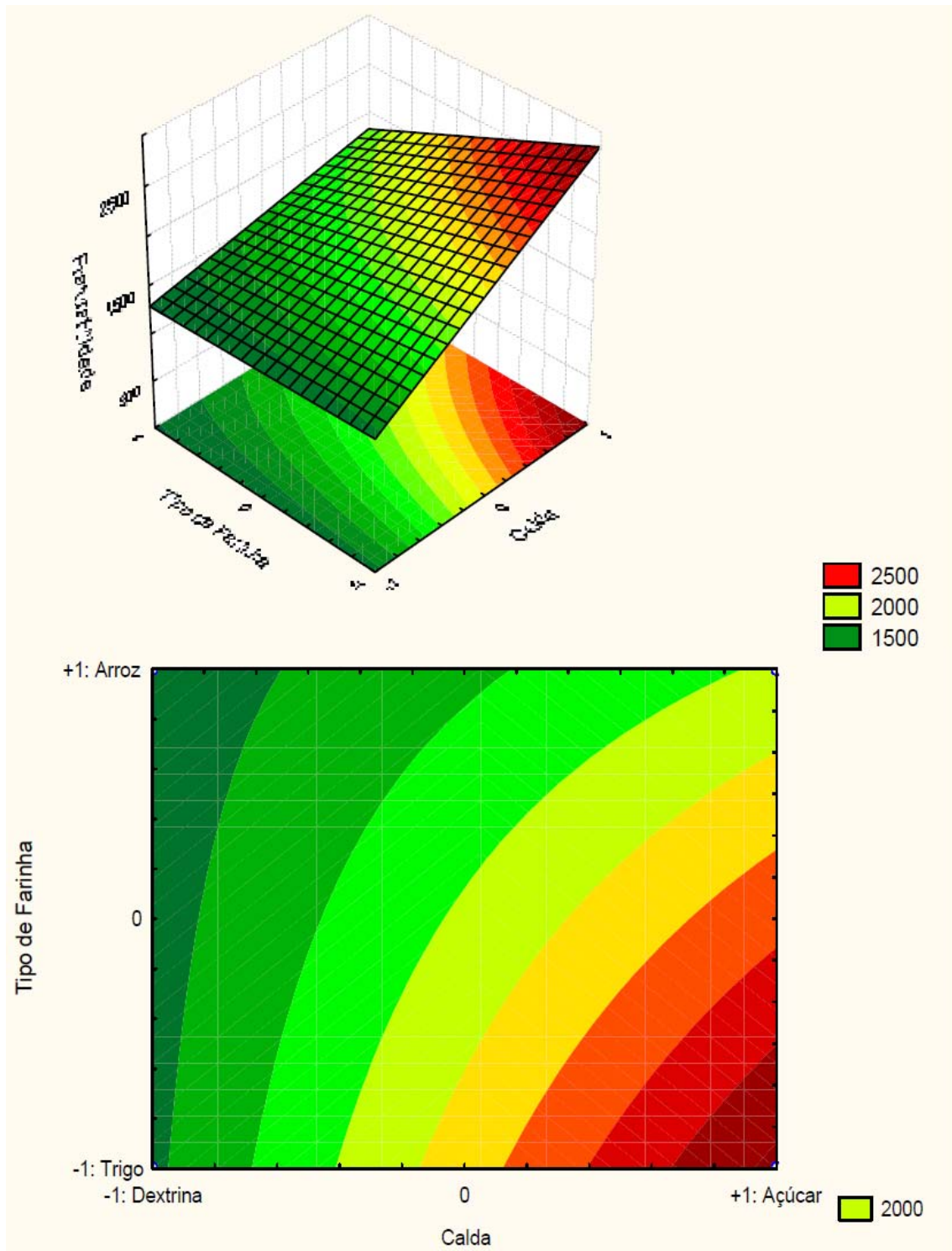
### 5.1.3 Fraturabilidade

De acordo com os efeitos calculados, (Tabela 7) , a resposta fraturabilidade da cobertura dos amendoins, foi influenciada por todas as variáveis estudadas (TC, TF e PFA) e pelas interações TC x TF e TF x PFA. Os resultados podem ser visualizados nas Figuras 14 e 15.

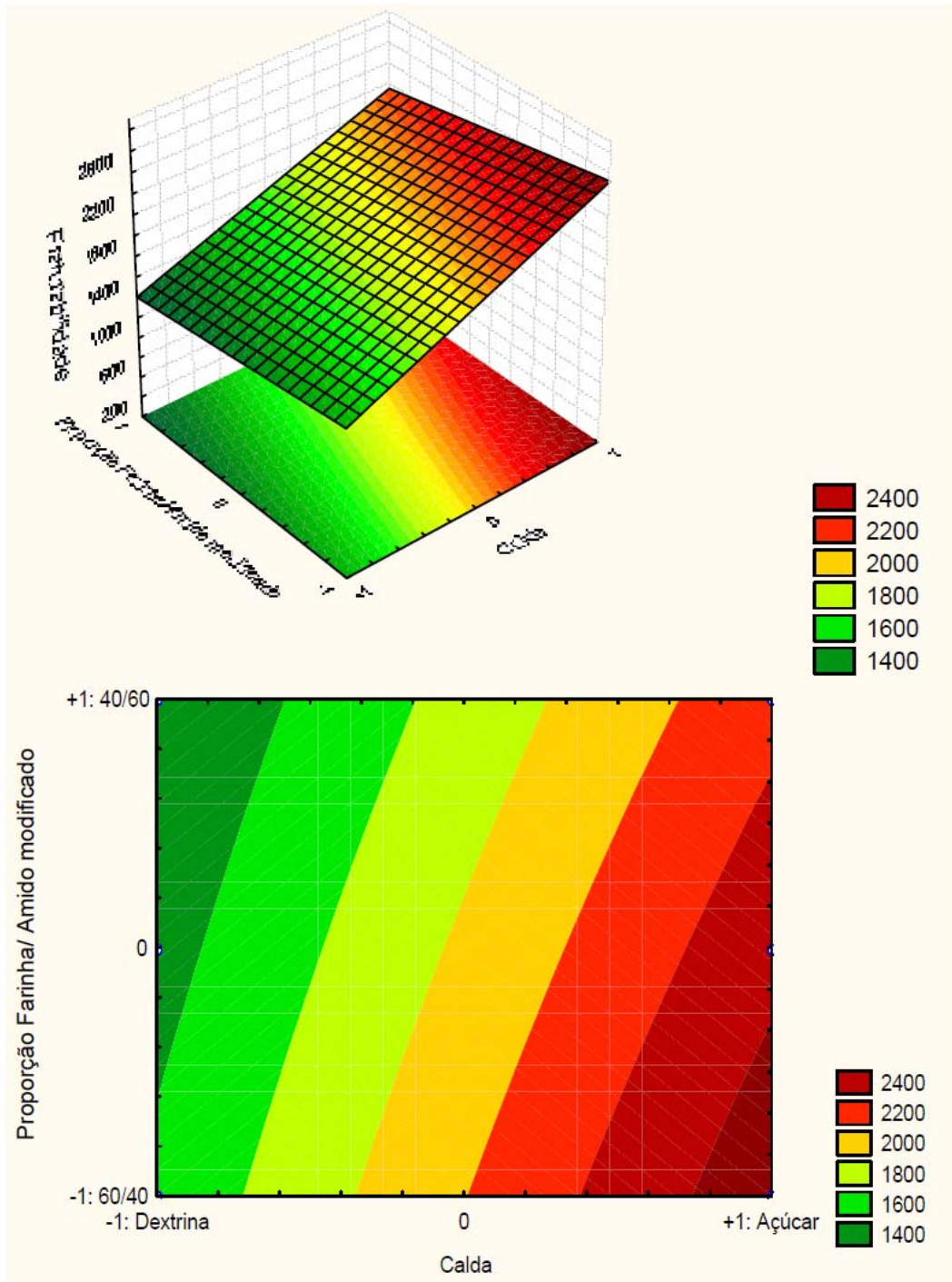
**Fraturabilidade** = 1833,08 + 508,19 [Calda] -274,65 [Farinha] -160,67.[Proporção Farinha/Amido modificado] -237,68 .[Calda \* Farinha] + 172,75.[Tipo de farinha\* Proporção Farinha/Amido modificado]

O efeito da variável tipo de calda (TC) foi positivo (1016g) e muito superior às demais variáveis, o que indica que a utilização de calda de açúcar (+1) resulta em aumento médio da resposta fraturabilidade em torno de 1016g. A variável TF apresentou efeito negativo (-549), o que significa que a farinha de trigo (-1) provoca o aumento da força aplicada na primeira ruptura da cobertura (fraturabilidade). A variável PFA também apresentou efeito negativo (-321), ou seja, a maior proporção de farinha em relação ao amido modificado (-1), aumenta a resposta fraturabilidade.

O efeito da interação entre TC e TF foi negativo (-475g), o que indica que quando se utiliza a calda de açúcar (+1) e farinha de trigo (-1) ou calda de dextrina (-1) e farinha de arroz (+1), há um aumento médio na força para romper a cobertura em torno de 475g. A interação entre TF e PFA apresentou efeito positivo (346g), ou seja, quando utilizada farinha de trigo (-1) e a maior proporção de farinha em relação ao amido modificado (-1), a força para romper a cobertura aumenta, característica indesejada para o amendoim crocante.



**Figura 14** – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Fraturabilidade.



**Figura 15 –** Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Proporção Farinha:Amido modificado sobre a resposta Fraturabilidade

Para amendoim crocante é interessante que o valor de fraturabilidade seja intermediário (2800g) , pois um dos aspectos que o caracteriza é a facilidade para romper a cobertura. Portanto, é ideal que seja mantida a calda em seu menor nível (calda dextrina), a farinha em seu maior nível (arroz) e a proporção

em seu maior nível (40% de farinha e 60% de amido modificado). Além desta característica de qualidade, a fraturabilidade está associada a danos durante o transporte. Um produto com menor valor de fratura (2000g) exigiria maiores investimentos em embalagem ou resultaria em maiores perdas nos pontos de vendas pela maior quebra do produto dentro da embalagem.

## 5.2 PROPRIEDADES SONORAS

Os valores dos efeitos das variáveis do planejamento fatorial  $2^3$ , Tipo de Calda (TC), Tipo de Farinha (TF) e Proporção Farinha: Amido Modificado (PFA) sobre as propriedades sonoras do amendoim drageado (Crocância, Número de Picos de Som e Intensidade do Som) estão representados na Tabela 8.

**Tabela 8 –** Efeito das variáveis do planejamento 2<sup>3</sup> sobre as propriedades sonoras do amendoim drageado, no equipamento TA.XTPlus.

|              | Crocância<br>(D.L) |                 | Nº. picos som |                 | Intensidade<br>do som<br>(D.L) |                 |
|--------------|--------------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
|              | Efeito             | p               | Efeito        | p               | Efeito                         | p               |
| <b>Média</b> | <b>19906</b>       | <b>&lt;0,01</b> | <b>35,32</b>  | <b>&lt;0,01</b> | <b>6,86</b>                    | <b>&lt;0,01</b> |
| TC           | <b>2457</b>        | <b>&lt;0,01</b> | <b>-26,23</b> | <b>&lt;0,01</b> | <b>-1,54</b>                   | <b>&lt;0,01</b> |
| TF           | 251                | 0,79            | <b>28,87</b>  | <b>&lt;0,01</b> | <b>1,31</b>                    | <b>&lt;0,01</b> |
| PFA          | -741               | 0,53            | 2,48          | 0,81            | -0,15                          | 0,76            |
| TC x TF      | -474               | 0,62            | <b>-19,93</b> | <b>0,02</b>     | 0,04                           | 0,91            |
| TC x PFA     | -1395              | 0,23            | 1,08          | 0,92            | -0,09                          | 0,85            |
| TF x PFA     | <b>-2480</b>       | <b>0,04</b>     | <b>35,32</b>  | <b>&lt;0,01</b> | -0,46                          | 0,35            |

p: nível de significância

TC: Tipo de Calda

TF: Tipo de Farinha

PFA: Proporção Farinha:Amido Modificado

### 5.2.1 Crocância

A crocância das amostras, cuja determinação foi realizada no texturômetro TA.TXPLUS, foi calculada através do parâmetro distância linear (D.L) no software Texture Exponent (versão 4,0,6,0., Stable Micro Systems, Ltd., Surrey, UK), e corresponde ao comprimento da linha imaginária que une todos os pontos do gráfico de força (g) versus tempo (s) gerado pela quebra da cobertura dos amendoins. O programa realiza a soma do comprimento dos segmentos lineares que une os pontos adquiridos (200 pontos por segundo) em função do período de tempo de análise de cada amostra, o que representa a distância percorrida por um observador entre a distância  $X_1$  e  $X_2$ , pontos de ancoragem do gráfico (NALESNIK et al, 2007, p. 688). Apesar da utilização do gráfico de força para a quantificação da resposta crocância, este atributo tem relação direta com os sons produzidos durante a mordida ou mastigação (LIU, TAN, 1999, p. 397).

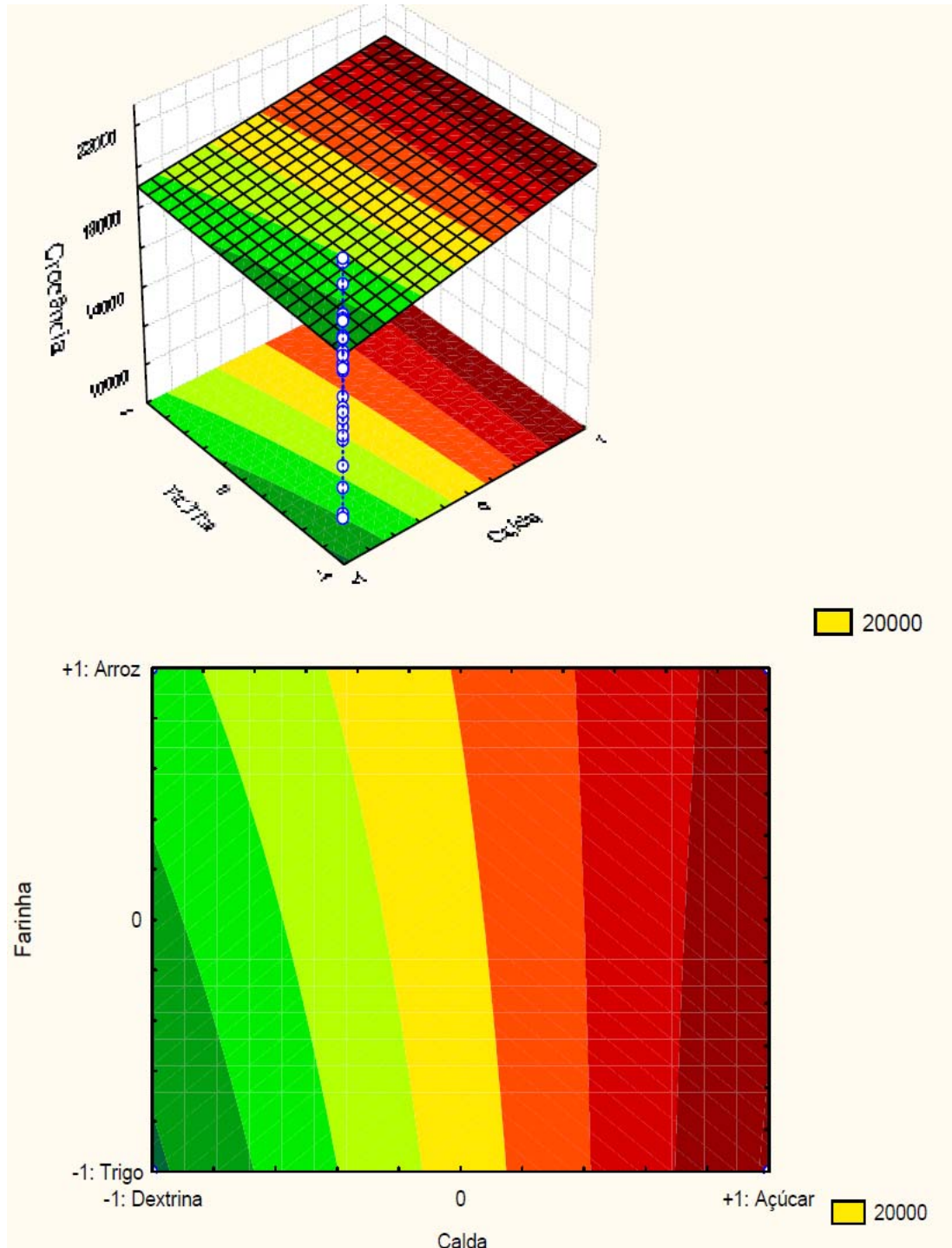
De acordo com os efeitos calculados na Tabela 8, a crocância da cobertura dos amendoins foi influenciada pela variável Tipo de Calda (TC) e pela interação TF x PFA. Os resultados podem ser visualizados nas Figuras 16 e 17.

**Crocância** = 19906,77+ 1228,64 [Calda] -1240,30.[Farinha \* Proporção Farinha/Amido modificado]

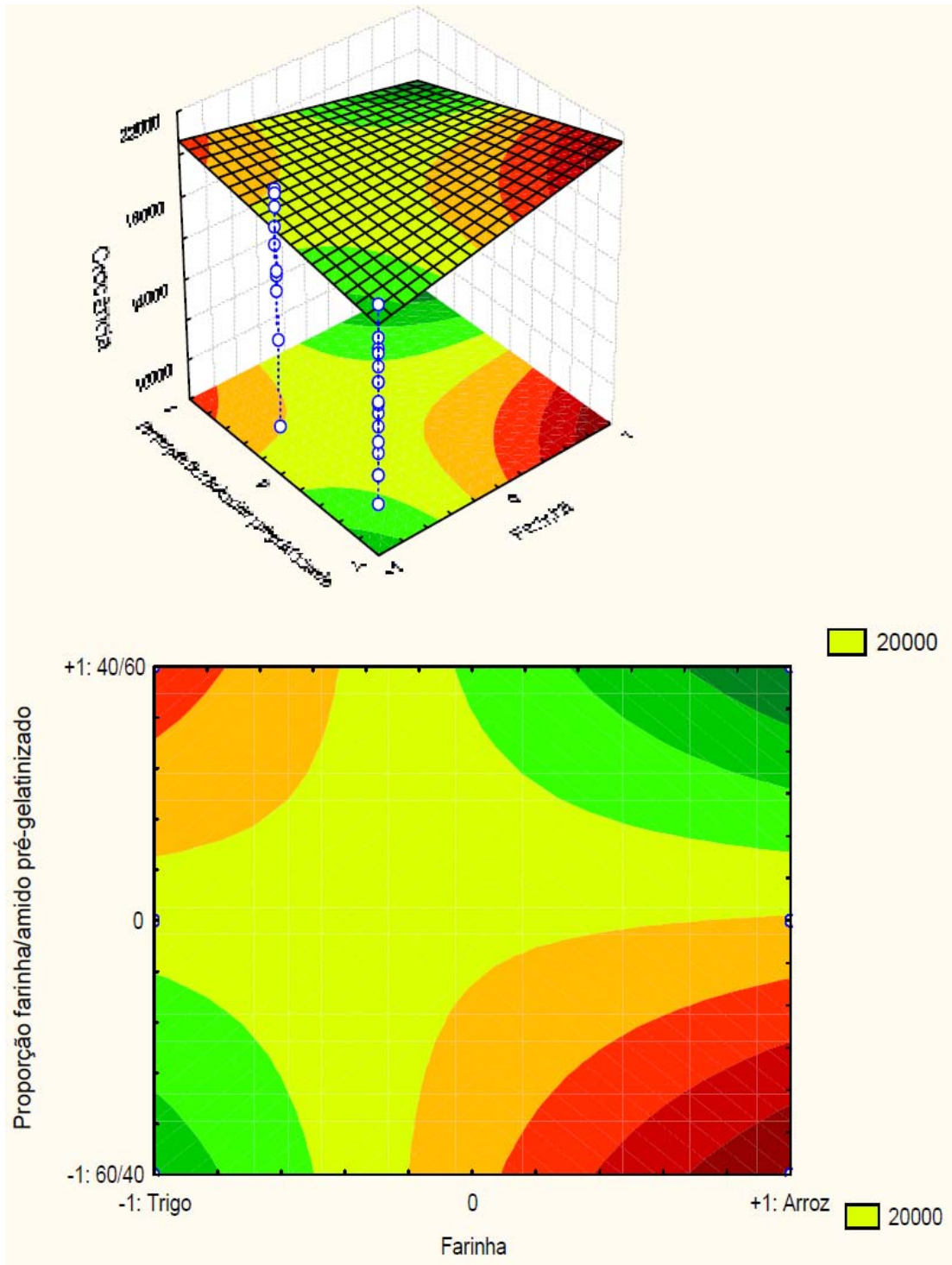
A resposta crocância determinada pelo equipamento é avaliada pela flutuação da força durante o rompimento da cobertura do amendoim em uma unidade de tempo. A análise de uma cobertura crocante mostra um gráfico de força x tempo com muitas flutuações ou picos de força (em gramas), devido ao maior número de fraturas ou quebras em relação ao amendoim japonês. Esta propriedade está diretamente relacionada com a crocância do produto e , portanto, quanto maior o número de flutuações resultantes das quebras na cobertura, mais crocante a cobertura. O valor médio de crocância foi de 19906 (D.L), sendo o mínimo de 15000 (D.L) e o máximo de 25900 (D.L) entre as amostras não-condimentadas.

A variável TC foi a única que apresentou efeito significativo em relação a esta propriedade (2457), o que significa que a utilização da calda de açúcar resulta em aumento da crocância em torno de 2457 (distância linear). Apesar

deste efeito significativo, a variável TC não apresentou interações importantes com as demais variáveis.



**Figura 16** – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Crocância.



**Figura 17** – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Farinha e Proporção Farinha:amido modificado sobre a resposta Crocância.

A interação entre TF e PFA apresentou efeito negativo (-2480) sobre a resposta crocância, ou seja, a combinação entre farinha de arroz (+1) e maior proporção de farinha em relação ao amido modificado (-1) ou entre farinha de trigo (-

1) e a menor proporção de farinha em relação ao amido modificado (+1) resultam em aumento da crocância em torno de 2480.

### 5.2.2 Número de Picos de Som

De acordo com os efeitos calculados (Tabela 8), a resposta número de picos de som foi influenciada pelas variáveis TC e TF e pelas interações entre TC x TF e TF x PFA. O resultado pode ser visualizado na Figura 18.

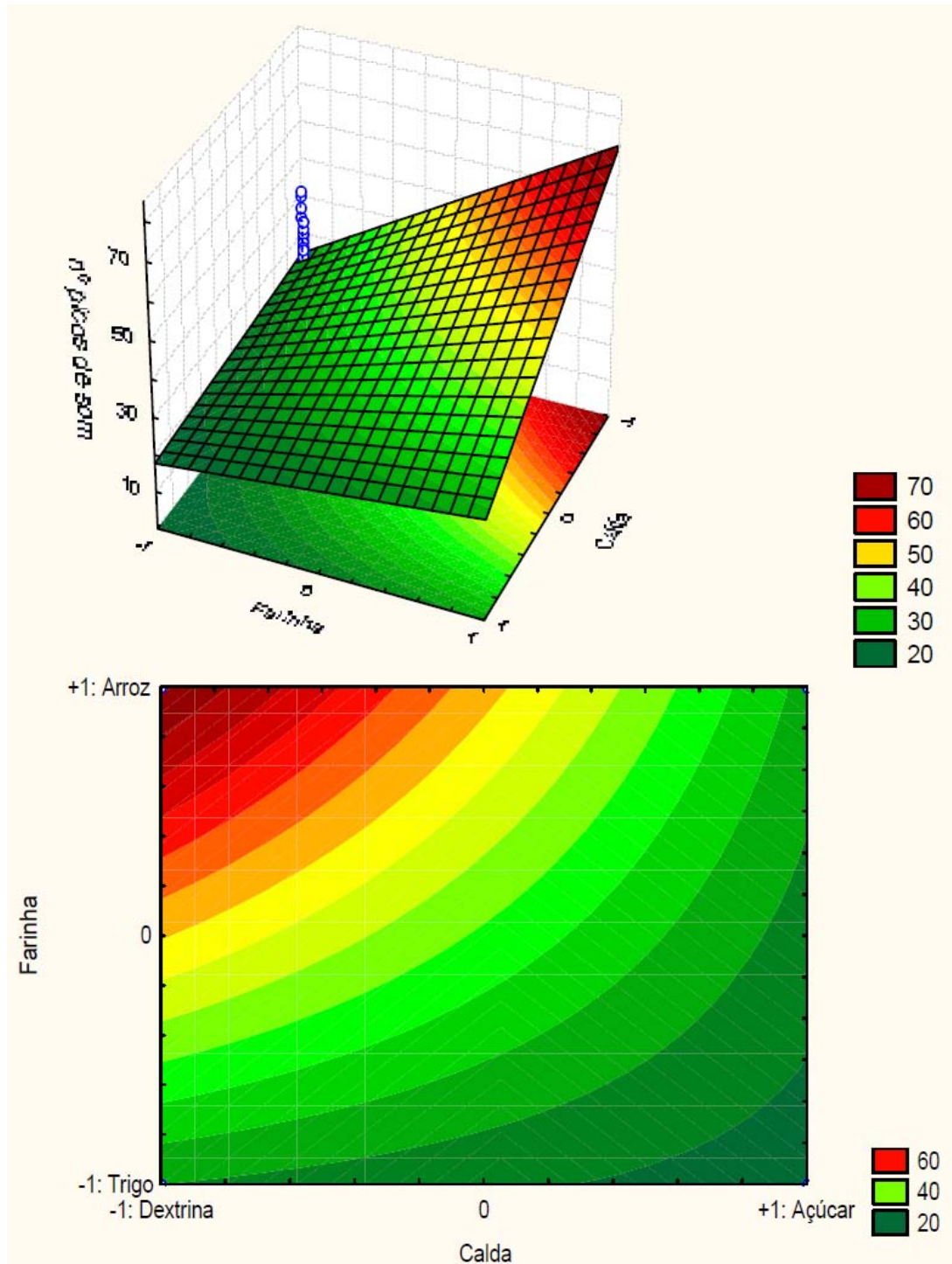
**Nº. de picos de som = 35,32 - 13,12.[Calda] + 14,43 [Farinha] - 9,97 [Calda \* Farinha]**

O valor médio do número de picos de som foi de 35,32, sendo o mínimo de 13 e máximo de 179 entre as amostras.

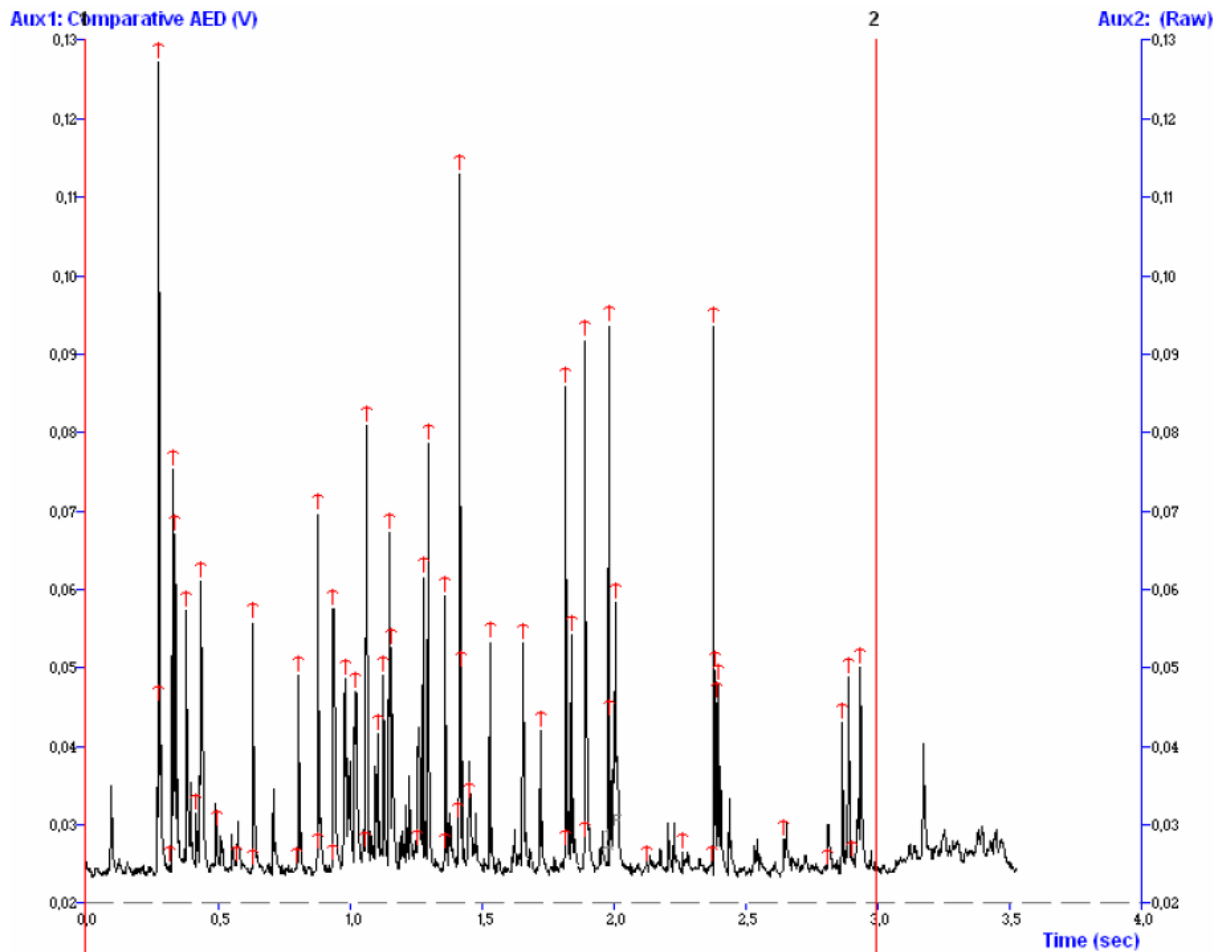
A variável TC apresentou efeito negativo (-26,23), o que significa que a utilização de calda de dextrina (-1) provocou aumento no número de picos de som. Já a variável TF apresentou efeito positivo (28,87), ou seja a farinha de arroz (+1) provocou aumento da resposta número de picos de som.

A interação TC x TF apresentou efeito negativo (-19,93), ou seja, quando se utiliza farinha de arroz, juntamente com a calda de dextrina, o número de picos de som diminui.

Como um dos objetivos do trabalho era obter um produto mais crocante que o amendoim japonês, e o número de picos de som expressa relação direta com esta propriedade mecânica, quando se utiliza a calda de açúcar e farinha de arroz é possível obter uma cobertura crocante.



**Figura 18** – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Número de Picos de Som



**Figura 19** – Gráfico de som (Volts) em função do tempo (s) gerado no TA XT Plus Stable Micro Systems durante a compressão da cobertura de uma amostra de amendoim crocante.

### 5.2.3 Intensidade do Som

A intensidade de som, assim como a crocância, foi avaliada pelo cálculo de distância linear. Porém, o gráfico utilizado para esta avaliação foi o de volts versus tempo (NALESNIK et al, 2007, p. 688)

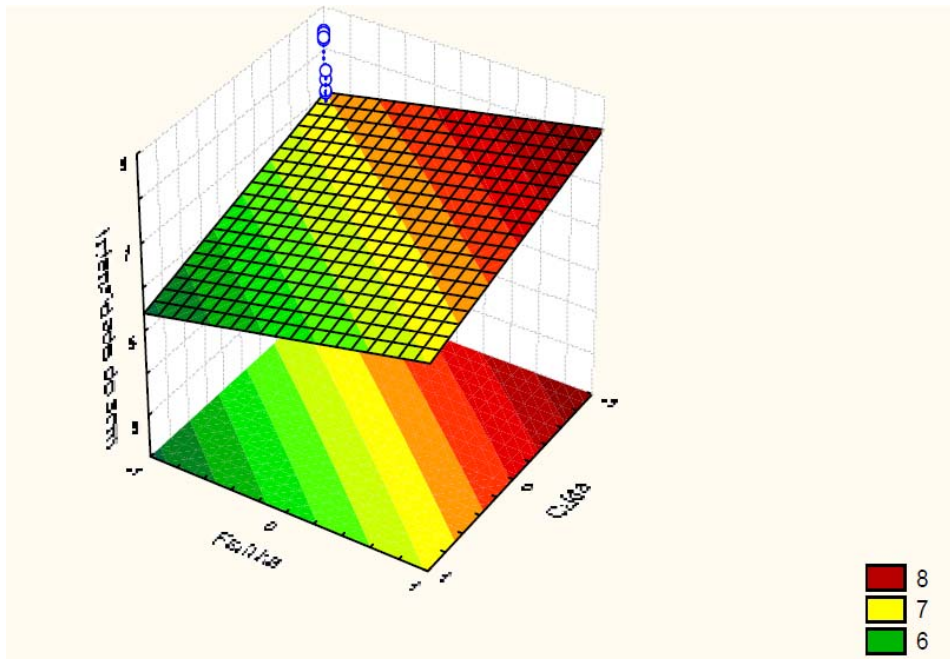
De acordo com os efeitos calculados na Tabela 8, a intensidade do som foi influenciada pelas variáveis TC e TF. Nenhuma interação foi significativa e o resultado pode ser visualizado na Figura 20.

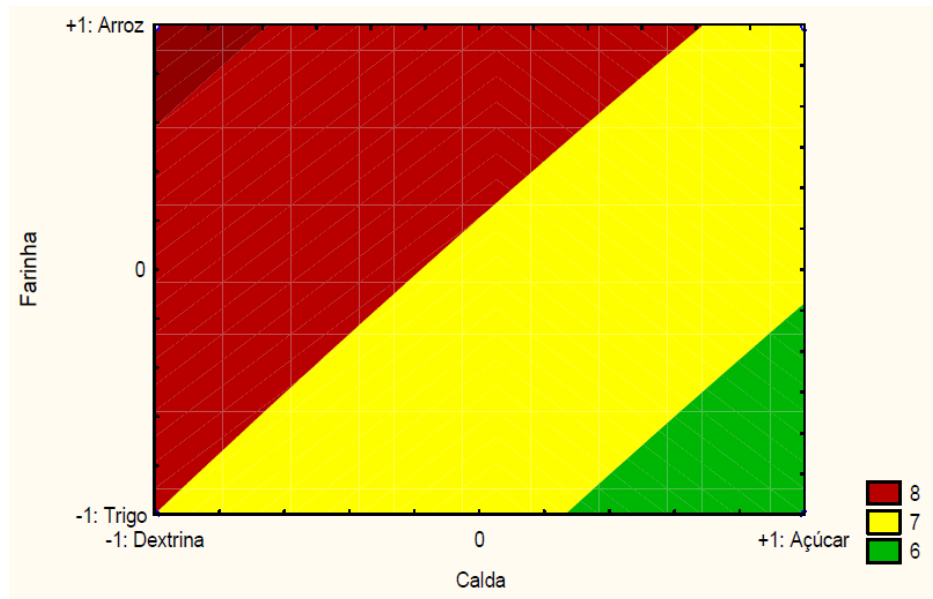
$$\text{Intensidade do som} = 6,86 - 0,77.[\text{Calda}] + 0,65 [\text{Farinha}]$$

O valor médio da intensidade do som foi de 6,86 (D.L), sendo o mínimo de 5,25 (D.L) e o máximo de 12,68 (D.L) entre as amostras.

A variável TC apresentou efeito negativo (-1,54), o que significa que a utilização da calda de dextrina resulta em aumento da resposta intensidade do som. A variável TF apresentou efeito positivo (1,31), ou seja, a utilização de farinha de arroz aumenta a resposta intensidade do som.

A crocância do produto, assim como o número de picos de som, está diretamente relacionada com a intensidade do som. Portanto, é desejável que seja utilizada a combinação de calda de dextrina e farinha de arroz, para obter maiores valores do atributo crocância.





**Figura 20** – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Intensidade do Som.

### 5.3 EXPANSÃO TOTAL (VOLUME DESLOCADO)

A propriedade expansão total, avaliada a partir do volume deslocado por 100 gramas de amendoim misturados a 500 gramas de grãos de painço em proveta, foi analisada para as 16 formulações consideradas no fatorial  $2^3$  completo, com repetição no ponto central para a proporção farinha:amido modificado.

Os valores dos efeitos das variáveis do planejamento fatorial  $2^3$ , Tipo de Calda (TC), Tipo de Farinha (TF) e Proporção Farinha:Amido Modificado (PFA) sobre a propriedade expansão total do amendoim drageado estão representados na Tabela 9.

**Tabela 9** – Efeito das variáveis do planejamento 23 sobre a propriedade expansão total do amendoim drageado.

|              | Expansão<br>(volume<br>deslocado - ml) |             |
|--------------|--|-------------|
|              | Efeito                                 | p           |
| <b>Média</b> | <b>813,06</b>                          | <b>0,00</b> |
| TC           | <b>-23,89</b>                          | <b>0,00</b> |
| TF           | -3,89                                  | 0,14        |
| PFA          | 5,83                                   | 0,07        |
| TC x TF      | 1,67                                   | 0,52        |
| TC x PFA     | -2,50                                  | 0,43        |
| TF x PFA     | -4,17                                  | 0,20        |

p: nível de significância

TC: Tipo de Calda

TF: Tipo de Farinha

PFA: Proporção Farinha:Amido Modificado

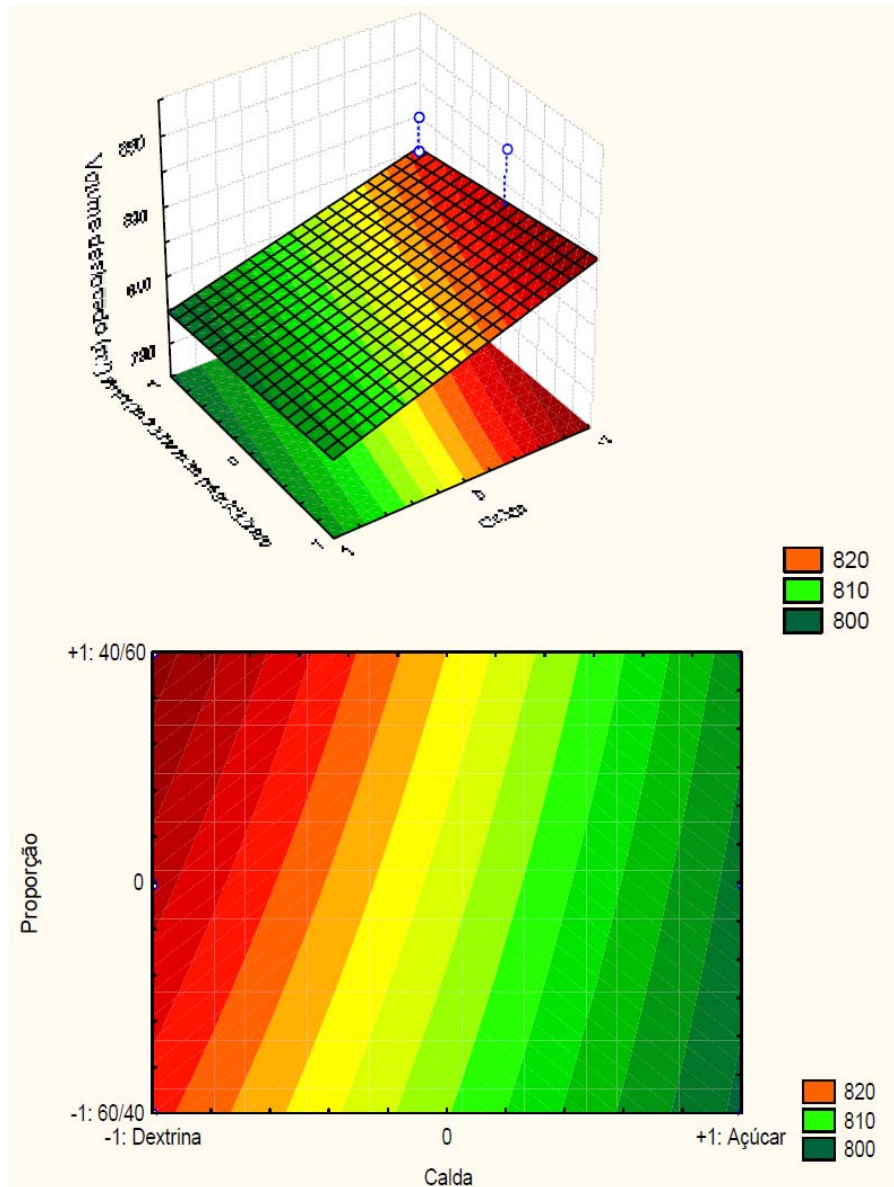
De acordo com os efeitos calculados na Tabela 9, a expansão total foi influenciada exclusivamente pela variável Tipo de Calda (TC). As interações não apresentaram efeito significativo e o resultado pode ser visualizado na Figura 21.

$$\text{Expansão} = 813,06 - 11,94 [\text{Calda}]$$

O valor médio da expansão total foi de 813 ml, sendo o valor mínimo de 790ml e o máximo de 850ml entre as amostras.

A variável TC apresentou efeito negativo (-23,89) sobre a resposta, ou seja, a calda de dextrina (-1) resulta em aumento da resposta expansão total.

Esta propriedade, desejada no amendoim crocante, está diretamente relacionada ao aumento de volume e inversamente ao aumento da densidade real da amostra, que possui massa constante. Portanto, a calda de dextrina proporciona maior expansão quando comparada à calda de açúcar e menor densidade real do produto.



**Figura 21** – Superfície de resposta e contorno: Efeito das variáveis Tipo de Calda e Tipo de Farinha sobre a resposta Intensidade do Som.

#### 5.4 PROPRIEDADES MECÂNICAS , SONORAS E EXPANSÃO

Com o objetivo de selecionar os níveis das variáveis correspondentes às características desejadas do amendoim crocante, os resultados obtidos da análise a variável  $2^3$  completo para a proporção 60/40, 40/60 e 50/50 foram compilados na Tabela 10.

**Tabela 10 –** Compilação dos resultados obtidos da análise a variável 2<sup>3</sup> completo para a proporção 60/40, 40/60 e 50/50.

| Equipamento            | Resposta              | Comportamento desejável da resposta | Fatores   | Níveis que favorecem o comportamento da resposta  |
|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---|---|
| Texturômetro TA.XT2i   | 1. N° picos de força  | Aumento                             | Calda<br><br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado | * ns<br><br>Trigo<br>60% farinha<br>40% amido     |
|                        | 2. Dureza             | Redução                             | Calda<br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado     | Dextrina<br>Arroz<br>*ns                          |
|                        | 3. Fraturabilidade    | Redução                             | Calda<br><br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado | Dextrina<br><br>Arroz<br>40% farinha<br>60% amido |
| Texturômetro TATX Plus | 1. Crocância          | Aumento                             | Calda<br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado     | Açúcar<br>*ns<br>*ns                              |
|                        | 2. N°. picos de som   | Aumento                             | Calda<br><br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado | Dextrina<br><br>Arroz<br>*ns                      |
|                        | 3. Intensidade do som | Aumento                             | Calda<br><br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado | Dextrina<br><br>Arroz<br>*ns                      |

\*ns – efeito da variável não significativo.

## 5.5 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DAS AMOSTRAS PARA CONDIMENTAÇÃO

A partir dos dados da Tabela 10, verifica-se que a escolha dos níveis das variáveis independentes dependerá das características desejadas do produto final.

Se a prioridade for direcionar as propriedades mecânicas para a obtenção de um produto mais frágil, então deve ser utilizada calda de dextrina, a farinha de arroz e maior percentual de amido modificado na proporção.

As propriedades de som são favorecidas com a utilização da farinha de arroz e calda de dextrina, exceto a crocância.

De acordo com a descrição do item 4.1, foram realizados vinte ensaios, ou seja, quatro testes com cinco proporções entre farinha e amido modificado ( 70/30; 30/70; 60/40; 40/60 e 50/50). Foi selecionada uma amostra de cada um dos quatro testes realizados, que corresponde à proporção que resultou em maior semelhança em aspecto visual entre amostra e o padrão comercial KING NUTS. As amostras selecionadas para condimentação estão apresentadas na Tabela 11.

**Tabela 11** – Codificação das amostras condimentadas para controle

| Teste | Formulação | Farinha | Calda    | % Farinha | % Amido modificado |
|-------|------------|---------|----------|-----------|--------------------|
| 1     | FT70/30D   | Trigo   | Dextrina | 70%       | 30%                |
| 2     | FA40/60A   | Arroz   | Açúcar   | 40%       | 60%                |
| 3     | FT60/40A   | Trigo   | Açúcar   | 60%       | 40%                |
| 4     | FA70/30D   | Arroz   | Dextrina | 70%       | 30%                |

## 5.6 COMPARAÇÃO COM O PADRÃO COMERCIAL (TESTE DE DUNNETT)

Com o objetivo de identificar a amostra condimentada, dentre as quatro produzidas, com o maior número de propriedades similares ao padrão comercial KING NUTS, foi aplicado o teste de Dunnett.

A comparação foi feita em relação às propriedades mecânicas e de som. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 12.

A única propriedade em que nenhuma das amostras apresentou semelhança em relação ao padrão comercial foi crocância, provavelmente porque a quantidade de gordura aplicada na condimentação e o tipo de calda utilizada para o

drageamento são diferentes do padrão KING NUTS, além da mistura de farinha de arroz e trigo na cobertura do produto considerado padrão.

**Tabela 12** – Resultado da comparação das amostras condimentadas com o padrão comercial pelo teste de Dunnett a 95% de confiança.

| Propriedades       | Resultado desejado | FT70/30D | FA40/60A | FT60/40A | FA70/30D |
|--------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| Dureza             | ≤ ao padrão        |          | X        |          |          |
| Nº picos de força  | ≥ ao padrão        | X        | X        |          |          |
| Fraturabilidade    | ≤ ao padrão        |          |          | X        |          |
| Crocância          | ≥ ao padrão        | *n.s     | *n.s     | *n.s     | *n.s     |
| Nº picos de som    | ≥ ao padrão        | X        |          | X        |          |
| Intensidade do som | ≥ ao padrão        | X        | X        | X        |          |
| Expansão           | ≥ ao padrão        | X        | X        |          |          |
| Total              |                    | 4        | 4        | 3        | 0        |

\*n.s: não significativo a 5% de probabilidade.

As formulações com farinha de trigo em sua composição, FT70/30D e FT60/40A, foram as que apresentaram número de picos de som semelhante ao padrão. A primeira possui 70% de farinha em sua formulação e a segunda, 60%. A partir destes dados é possível considerar a possibilidade de que a mistura farinha de trigo e arroz no produto KING NUTS teve predominância em percentual do primeiro tipo de farinha. De acordo com os resultados obtidos pela análise do fatorial  $2^3$ , tal fato pode ser confirmado, pois a resposta número de picos de som aumenta com a utilização de calda de dextrina e, especialmente com a farinha de arroz (fator de efeito superior a variável calda).

Quando se compara a intensidade do som, apenas a FA70/30D apresentou diferença em relação ao padrão KING NUTS. Quando verificados os resultados obtidos pela análise a variável  $2^3$  completo é possível confirmar que a calda de dextrina e a farinha de arroz aumentam a resposta intensidade do som, tornando a amostra condimentada superior ao padrão comercial nesta propriedade.

De acordo com os dados da tabela 12, verifica-se que as amostras mais semelhantes ao padrão comercial foram a FT70/30D e a FA40/60A, seguidas da amostra FT60/40A, a 95% de confiança.

### 5.7 COMPARAÇÃO ENTRE AMOSTRAS NÃO-CONDIMENTADAS E CONDIMENTADAS DE MESMA FORMULAÇÃO (TESTE T-STUDENT)

Com o objetivo de escolher a amostra capaz de manter o maior número de propriedades inalteradas após a condimentação (aplicação de gordura vegetal hidrogenada e temperos), exceto a dureza, caracterizada como indesejável no amendoim crocante, aplicou-se o teste t- Student.

Foram comparadas as propriedades mecânicas, propriedades de som e expansão das amostras FT70/30D, FA40/60A, FT60/40A, FA70/30D não - condimentadas com as condimentadas. Os resultados estão dispostos na Tabela 13.

**Tabela 13 –** Resultado da comparação das amostras não - condimentadas com as respectivas condimentadas pelo teste t - Student a 95% de confiança.

|                       | FT70/30D vs<br>FT70/30D<br>COND | FA40/60A vs<br>FA40/60A<br>COND | FT60/40A vs<br>FT60/40A<br>COND | FA70/30D vs<br>FA70/30D<br>COND |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Dureza                | n.s                             | 0,000008                        | 0,000411                        | 0,001395                        |
| Nº picos de<br>força  | n.s                             | n.s                             | 0,005808                        | 0,006294                        |
| Fraturabilidade       | 0,000112                        | 0,002995                        | 0,001731                        | n.s                             |
| Crocância             | n.s                             | n.s                             | n.s                             | n.s                             |
| Nº picos de<br>som    | 0,000001                        | 0,007783                        | n.s                             | 0,000298                        |
| Intensidade do<br>som | 0,000000                        | 0,014203                        | n.s                             | 0,000000                        |
| Expansão              | 0,047454                        | n.s                             | 0,002192                        | n.s                             |

\* n.s = valor de "p" não significativo a 95% de confiança.

A formulação FT70/30D foi a única que não apresentou variação significativa na dureza. Antes de receber a condimentação, apresentava a segunda

maior dureza média em gramas ( $3385,08 \text{ g} \pm 1008,85$ ) e, após a condimentação, apresentou a segunda menor dureza média em gramas ( $2521,12 \pm 776,85$ ).

A formulação que não apresentou variação na fraturabilidade foi a FA70/30D. A hipótese mais provável é que a deposição da gordura vegetal hidrogenada na superfície do produto causa redução significativa da força (em gramas) para causar o primeiro rompimento da cobertura (fraturabilidade). Porém, na formulação FA70/30D, a elevada quantidade de farinha de arroz na proporção (70%), aliada à utilização da calda de dextrina permitiu a manutenção da força para a primeira ruptura, independente da condimentação.

Nenhuma amostra apresentou variação significativa de crocância a 95% de confiança após a aplicação da condimentação (5% de gordura/ peso de produto drageado e assado).

O nº. picos de som e intensidade do som não apresentaram variação apenas na formulação FT60/40A.

Nas formulações FA40/60A e FA70/30D em que foi utilizada a farinha de arroz, a propriedade expansão não apresentou diferença a 95% de confiança.

Apesar de todas as amostras apresentarem a crocância inalterada, a FT60/40A e a FA70/30D mantiveram o maior número de características após a aplicação de gordura e temperos.

## 5.8 ANÁLISE DE COR

Com a finalidade de avaliar a viabilidade de correção de cor na cobertura do amendoim crocante antes da etapa de condimentação, sua variação em função da formulação utilizada, principalmente pela presença de açúcares redutores, uma vez que este parâmetro impactará na etapa de condimentação do processo industrial e conseqüentemente no custo do produto, foram determinadas as variáveis cromáticas para as 12 amostras produzidas segundo o planejamento fatorial  $2^3$ , com repetição no ponto central para a proporção, descrito no item 4.1. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 14.

**Tabela 14** – Valores de efeito e da probabilidade “p” obtidos para as propriedades sonoras da análise do fatorial  $2^3$  completo para a proporção 60/40, 40/60 e 50/50.

|              | Componente a* |             | Componente b* |             | Chroma (C*)  |             | Tonalidade cromática (H*) |             | Luminosidade (L*) |             |
|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------|--------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------------|-------------|
|              | Efeito        | p           | Efeito        | p           | Efeito       | p           | Efeito                    | p           | Efeito            | p           |
| <b>Média</b> | <b>9,46</b>   | <b>0,00</b> | <b>22,42</b>  | <b>0,00</b> | <b>24,07</b> | <b>0,00</b> | <b>1,18</b>               | <b>0,00</b> | <b>59,97</b>      | <b>0,00</b> |
| TC           | 2,02          | 0,00        | 3,15          | 0,00        | 4,29         | 0,00        | -0,04                     | 0,00        | -5,41             | 0,00        |
| TF           | -1,78         | 0,00        | 0,01          | 0,98        | -0,07        | 0,77        | 0,05                      | 0,00        | 2,26              | 0,00        |
| PFA          | -2,96         | 0,00        | -2,00         | 0,00        | -2,10        | 0,00        | 0,06                      | 0,00        | 7,26              | 0,00        |
| TC x TF      | -0,22         | 0,68        | -0,59         | 0,23        | -1,24        | 0,00        | 0,01                      | 0,03        | 1,73              | 0,00        |
| TC x PFA     | 1,03          | 0,11        | 1,40          | 0,02        | 0,76         | 0,01        | -0,01                     | 0,20        | -0,38             | 0,43        |
| TF x PFA     | 1,49          | 0,02        | 1,99          | 0,00        | 1,54         | 0,00        | -0,01                     | 0,18        | -2,30             | 0,00        |

#### 5.8.1 Componente a\* [ (+a) Vermelho / (-a) Verde]

Na equação obtida para o componente a\*, verifica-se que as variáveis calda, farinha e proporção foram importantes para a determinação da resposta.

**Componente a\*** = 9,46 + 1,01.[Calda] -0,89 [Farinha] -1,48 [Proporção farinha/amido modificado] + 0,74 [Farinha \* Prop. far/ amido modificado]

O valor médio do componente a\* foi de 9,46, sendo o mínimo de 3,97 e o máximo de 12,49.

A variável calda apresentou efeito positivo sobre a variável resposta componente a\*, ou seja, quando utilizada em seu maior nível (calda de açúcar), favoreceu a componente a\*, o que resulta em um produto mais escuro (cor vermelha de a\*). Tal fato justifica-se pelo aumento da velocidade da reação de Maillard na superfície do produto.

As variáveis farinha e proporção farinha/amido apresentaram efeito negativo sobre a resposta componente a\*, ou seja, quando foi utilizada farinha de trigo e proporção de 60% de farinha e 40% de amido modificado, a resposta Componente a\* aumentou em direção ao tom vermelho.

Houve uma interação de efeito positivo sobre a resposta Componente a\* entre farinha e proporção farinha/amido modificado, ou seja, quando utilizados os menores níveis de ambas as variáveis (farinha de trigo e proporção 60% de farinha e 40% de amido modificado), a resposta Componente a\* aumentou (cor mais vermelha).

Observa-se também que o efeito em módulo da proporção farinha/amido modificado foi superior ao efeito da calda e do tipo de farinha, ou seja, a utilização da proporção em seu menor nível (60% de farinha e 40% de amido modificado) contribuiu de forma mais efetiva para o desenvolvimento da reação de Maillard (desenvolvimento da cor vermelha) que a calda de açúcar e o tipo da farinha.

#### 5.8.2 Componente b\*[(+b) Amarelo / (-b) Azul]

Na equação obtida para o componente b\*, verifica-se que as variáveis calda e proporção farinha:amido modificado foram importantes para a definição da resposta.

**Componente b\***= 22,42 + 1,57.[Calda] - 1,00 [Proporção farinha/amido modificado] + 0,70 [Calda \* Proporção farinha/amigo pré-gelatinizado] + 1,00 [Farinha \* Prop. far/amido modificado]

A variável calda apresentou efeito positivo sobre a variável resposta componente b\*, ou seja, quando utilizada em seu maior nível (calda de açúcar), a Componente b\*apresentou tendência ao amarelo. A variável proporção farinha/amido modificado apresentou efeito negativo sobre a componente b\*, ou sejam quando utilizada em seu menor nível, 60% de farinha e 40% de amido modificado, houve um aumento da resposta componente b\*, que direcionou-se para a cor amarela.

Houve efeito positivo das interações calda e proporção , além de farinha e proporção sobre a resposta b\*. Para a primeira situação, com a variável calda em seu maior nível (calda de açúcar) e a variável proporção em seu menor

nível (60% de farinha e 40% de amido modificado), a cor amarela do produto foi favorecida. Na segunda interação, a cor amarela foi evidenciada com a variável farinha em seu maior nível (arroz) e a proporção em 40% de farinha e 60% de amido modificado.

A partir dos dados da tabela, verificou-se também que o efeito da calda apresentou maior valor em módulo, o que indica maior influência na variável resposta componente  $b^*$ .

5.8.3 Chroma [ $C^*$ = Saturação/ (+)  $C^*$  = Cor Viva e Pura (sem Mistura de Tons); (-)  $C^*$ = Cores Opacas, sem Brilho]

Na equação obtida para a Chroma, verifica-se que as variáveis calda e proporção foram importantes na definição da resposta.

**Chroma ( $C^*$ )**=  $24,07 + 2,15.[Calda] - 1,05 [Proporção\ farinha/amido\ modificado] - 0,62 [Calda * Farinha] + 0,38 [Calda * Proporção\ farinha/amido\ prégelatinizado] + 0,77 [Farinha * Prop.\ far/ amido\ modificado]$

A variável calda apresentou efeito positivo sobre a variável resposta cor  $C^*$ , ou seja, quando utilizada em seu maior nível (calda de açúcar), a resposta Chroma aumentou. A variável proporção farinha/amido modificado apresentou efeito negativo sobre Chroma, ou seja, quando utilizada em seu menor nível, 60% de farinha/40% de amido modificado, aumentou a resposta Chroma, e a cor dos produtos ficou mais viva.

A interação entre calda e farinha apresentou efeito negativo sobre Chroma, ou seja, quando a calda foi utilizada em seu maior nível (calda de açúcar) e a farinha em seu menor nível (farinha de trigo), diminuíram a resposta Chroma.

As interações calda e proporção, e farinha e proporção apresentaram efeito positivo sobre a resposta  $C^*$ . As combinações de calda de açúcar e proporção 60% de farinha e 40% de amido modificado, e farinha de trigo com 60% de farinha e 40% de amido modificado, aumentaram a resposta Chroma.

Quanto maior o valor de Chroma, mais a cor da cobertura do amendoim se aproximou da laranja. Sob o ponto de vista tecnológico, a cor laranja

da superfície é desejada, pois a etapa de condimentação inclui a aplicação do corante natural urucum, identificado como estimulante do consumo na análise sensorial de aceitabilidade global. Desta forma, quanto menor a quantidade de urucum a ser aplicada sobre a superfície do produto, menor o custo da formulação e maior a viabilidade industrial do amendoim crocante.

#### 5.8.4 Tonalidade Cromática ( $H^*$ = Quanto Maior o Valor, Mais Pura a Cor – sem Mistura de Tons)

Na equação obtida para a tonalidade cromática ( $H^*$ ), verifica-se que as variáveis calda, farinha e proporção foram importantes na definição da resposta.

**Tonalidade cromática ( $H^*$ )=**  $1,182 - 0,021.[Calda] + 0,027 [Farinha] + 0,032 [Proporção\ farinha/amido\ modificado] + 0,005 [Calda * Farinha]$

A variável calda apresentou efeito negativo sobre a variável resposta cor  $h^*$ , ou seja, quando utilizada em seu menor nível (calda de dextrina), a resposta tonalidade cromática aumentou. O ângulo da tonalidade cromática é maior, abrangendo um número maior de tonalidades, o que torna a cor da cobertura menos “definida”. Do ponto de vista tecnológico, a utilização da calda de açúcar apresenta-se mais vantajosa.

As variáveis farinha e Proporção farinha/amido modificado apresentaram efeito positivo sobre a resposta  $h^*$ , ou seja, quando em seus maiores níveis (farinha de arroz e 40% de farinha/60% amido modificado), o ângulo obtido foi maior.

A interação entre calda e farinha apresentou efeito positivo sobre a resposta  $h^*$ , ou seja, quando a calda dextrina foi utilizada em combinação com a farinha de arroz, a resposta tonalidade cromática aumentou.

### 5.8.5 Luminosidade (L\*)

Na equação obtida, verifica-se que as variáveis calda, farinha e proporção farinha:amido modificado foram importantes para a definição da resposta luminosidade (L\*).

$$\text{Cor L*} = 59,97 - 2,70.[\text{Calda}] + 1,13 [\text{Farinha}] + 3,63 [\text{Proporção farinha/amido modificado}] + 0,87 [\text{Calda} * \text{Farinha}] - 1,15 [\text{Farinha} * \text{Prop. far/ amido modificado}]$$

O valor médio da luminosidade foi de 59,97, sendo o valor mínimo de 50,74 e o máximo de 71,65,

A variável calda apresentou efeito negativo sobre a variável resposta cor L\*, ou seja, quando utilizada em seu menor nível (calda de dextrina), a luminosidade aumentou (cobertura mais clara). As variáveis farinha e Proporção farinha/amido modificado apresentaram efeito positivo sobre a luminosidade, ou seja, quando em seus maiores níveis (farinha de arroz e 40% de farinha/60% de amido modificado), aumentaram a luminosidade.

A interação entre calda e farinha apresentou efeito positivo sobre a resposta luminosidade, que é favorecida com a calda de dextrina e a farinha de arroz.

A interação entre farinha e proporção apresentou efeito negativo sobre a resposta luminosidade, que é desfavorecida pela farinha de arroz com a proporção de 40% de farinha e 60% de amido modificado.

### 5.8.6 Correção da Cor da Cobertura

Com o objetivo de selecionar os níveis das variáveis correspondentes às características desejadas na cobertura do amendoim crocante antes da condimentação, os resultados obtidos da análise a variável 2<sup>3</sup> completo para a proporção 60/40, 40/60 e 50/50 foram compilados na Tabela 15.

A partir dos dados da Tabela 18, verifica-se que a escolha dos níveis das variáveis independentes dependerá das características desejadas do produto final.

Se o objetivo for aumentar a facilidade na correção de cor na superfície, deve ser usada a calda de açúcar, farinha de trigo e maior % de farinha na proporção (60% de farinha/ 40% de amido modificado).

**Tabela 15 –** Compilação dos resultados obtidos da análise do fatorial 2<sup>3</sup> completo para a proporção 60/40, 40/60 e 50/50.

| Equipamento         | Resposta                             | Comportamento desejável da resposta | Fatores   | Níveis que favorecem o comportamento da resposta |
|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| Colorímetro Gardner | 1. Componente a* (vermelho)          | Aumento                             | Calda<br><br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado | Açúcar<br><br>Trigo<br>60% farinha<br>40% amido  |
|                     | 2. Componente b* (amarelo)           | Aumento                             | Calda<br><br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado | Açúcar<br><br>*ns<br>60% farinha<br>40% amido    |
|                     | 3. Chroma (C*)(saturação)            | Aumento                             | Calda<br><br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado | Açúcar<br><br>*ns<br>60% farinha<br>40% amido    |
|                     | 4. Tonalidade cromática (H*)(ângulo) | Redução                             | Calda<br><br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado | Açúcar<br><br>Trigo<br>60% farinha<br>40% amido  |
|                     | 5. Cor L*                            | Aumento                             | Calda<br>Farinha<br>Prop. far/<br>amido<br>modificado     | Dextrina<br>Arroz<br>40% farinha<br>60% amido    |

\*ns – efeito da variável não significativo.

## 5.9 ANÁLISE SENSORIAL

### 5.9.1 Teste de Ordenação de Crocância

No teste de ordenação de crocância, os 26 provadores recrutados degustaram as amostras FT70/30D, FA40/60A, FT60/40A, FA70/30D da esquerda para a direita e ordenaram da menos crocante (nota 1) para a mais crocante (nota 4).

O objetivo deste teste foi detectar se o consumidor final em potencial percebe a diferença em crocância nas diferentes formulações. Quando a diferença não é perceptível, é possível selecionar formulações viáveis industrialmente por outros critérios, tais como custo de formulação, produtividade, correção de cor da cobertura sem condimentação ou percentual de expansão.

A numeração adotada para controle foi convertida em função das quatro formulações servidas aos provadores, conforme a Tabela 16.

**Tabela 16** – Codificação das amostras condimentadas para controle.

| Formulação | Farinha | Calda    | % Farinha | % Amido modificado |
|------------|---------|----------|-----------|--------------------|
| FT70/30D   | Trigo   | Dextrina | 70%       | 30%                |
| FA40/60A   | Arroz   | Açúcar   | 40%       | 60%                |
| FT60/40A   | Trigo   | Açúcar   | 60%       | 40%                |
| FA70/30D   | Arroz   | Dextrina | 70%       | 30%                |

Segundo a avaliação dos 26 provadores, a amostra identificada como a mais crocante foi a FT60/40A e as amostras FT70/30D e FA70/30D foram identificadas como as menos crocantes.

A Tabela 17 apresenta as notas atribuídas por cada provador para as amostras e o total de ordem de cada amostra.

No teste de ordenação (MEILGAARD, 1991), quanto maior o somatório das notas atribuídas pelos provadores, mais crocante a amostra foi considerada. De acordo com os dados da Tabela 17, a amostra mais crocante foi a FT60/40A, com 96 pontos.

**Tabela 17** – Total de ordenação das amostras condimentadas.

| Provador                  | FT70/30D (1)    | FA40/60A (2)    | FT60/40A (3)    | FA70/30D(4)     |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Total de ordenação</b> | 49 <sup>b</sup> | 64 <sup>b</sup> | 96 <sup>a</sup> | 51 <sup>b</sup> |

\* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

A amostra FT60/40A apresentou intensidade de crocância superior às demais no nível de 1% de significância. As formulações FT70/30D, FA40/60A, FA70/30D apresentaram a mesma crocância

Houve diferença entre as intensidades de crocância das amostras FT70/30D e FT60/40A; FA40/60A e FT60/40A; FT60/40A FA70/30D a 5% de significância. As amostras, cujo atributo crocância não apresentou diferença, foram FT70/30D e FA40/60A; FT70/30D e FA70/30D; FA40/60A e FA70/30D.

**Tabela 18** – Formulações de crocâncias diferentes.

| Formulação | Calda    | Farinha | % Farinha | % Amido pré-gelatinizado |
|------------|----------|---------|-----------|--------------------------|
| FT70/30D   | Dextrina | Trigo   | 70        | 30                       |
| FT60/40A   | Açúcar   | Trigo   | 60        | 40                       |
| FA40/60A   | Açúcar   | Arroz   | 40        | 60                       |
| FT60/40A   | Açúcar   | Trigo   | 60        | 40                       |
| FT60/40A   | Açúcar   | Trigo   | 60        | 40                       |
| FA70/30D   | Dextrina | Arroz   | 70        | 30                       |

De acordo com os dados da Tabela 21, quando são comparadas as formulações FT70/30D e FT60/40A, verifica-se que é possível detectar a diferença em crocância causada pelas caldas de dextrina e açúcar, a um nível de significância de 5%. A diferença em crocância percebida entre a farinha utilizada (trigo ou arroz)

pode ser verificada pela comparação entre as amostras FA40/60A e FT60/40A e entre FT60/40A e FA70/30D. O efeito obtido pelas diferentes proporções farinha/amido modificado pode ser mais evidenciado quando são comparadas as amostras FA40/60A e FT60/40A, pois a diferença entre os percentuais do mesmo ingrediente é de 20%.

**Tabela 19 – Formulações de mesma crocância.**

| <b>Formulação</b> | <b>Calda</b> | <b>Farinha</b> | <b>% Farinha</b> | <b>% Amido pré-gelatinizado</b> |
|-------------------|--------------|----------------|------------------|---------------------------------|
| FT70/30D          | Dextrina     | Trigo          | 70               | 30                              |
| FA40/60A          | Açúcar       | Arroz          | 40               | 60                              |
| FT70/30D          | Dextrina     | Trigo          | 70               | 30                              |
| FA70/30D          | Dextrina     | Arroz          | 70               | 30                              |
| FA40/60A          | Açúcar       | Arroz          | 40               | 60                              |
| FA70/30D          | Dextrina     | Arroz          | 70               | 30                              |

A partir dos dados da Tabela 19 verifica-se que a FT60/40A foi a única formulação cuja crocância não foi associada a qualquer das três amostras restantes.

De acordo com as Tabelas 18 e 19, quando são comparadas as formulações de mesmo tipo de farinha (FT70/30D e FT60/40A; FA40/60A e FA70/30D), diferentes caldas e proporções, verifica-se que é possível identificar variação na crocância apenas para a farinha de trigo. Quando são comparadas as amostras FT70/30D e FT60/40A de mesmo tipo de farinha e proporções com 10% de diferença em seus componentes, verifica-se que é possível avaliar a diferença em crocância causada pelas caldas de dextrina e açúcares, a um nível de significância de 5%. Tais fatos podem ser justificados pela maior crocância proporcionada pela farinha de arroz, independente de sua quantidade na formulação, o que dificulta a detecção de diferenças na intensidade de som durante a análise sensorial.

A diferença em crocância causada pelo tipo de farinha utilizado (trigo ou arroz) pode ser verificada pela comparação entre as amostras FA40/60A e FT60/40A e entre FT60/40A e FA70/30D, na Tabela 18. Quando é utilizada a calda de dextrina na formulação, uma diferença em 10% nos componentes da proporção farinha/ amido modificado torna-se perceptível (FT60/40A e FA70/30D) . Se a calda

de açúcares é utilizada, a diferença em crocância somente torna-se perceptível quando a diferença entre os componentes da proporção é de 20% (FA40/60A e FT60/40A). Quando são consideradas as propriedades mecânicas (item 5.1), verifica-se que a calda de açúcares favorece o aumento da resposta crocância, o que confirma a percepção dos provadores treinados, pois a detecção foi feita em formulação em que foi utilizada farinha de trigo (não favorece a resposta crocância) e o amido modificado em menor quantidade na proporção, que torna possível a atribuição da sensação de crocância à calda de açúcares na formulação FT60/40A.

O efeito proporcionado pelas diferentes proporções farinha/ amido modificado pode ser evidenciado quando são comparadas as amostras FA40/60A e FT60/40A, na Tabela 18.

Com o objetivo de que o consumidor final não perceba diferenças entre as intensidades de crocância dos produtos, pode ser utilizada a formulação com calda de dextrina, associada à proporção de 70% de farinha e 30% de amido modificado, ou à farinha de arroz. Quando esta farinha é associada à calda de dextrina, é possível utilizar uma quantidade menor de amido modificado na proporção (30%), valor muito inferior ao utilizado com a calda de açúcar (60%), que resultaria em impacto negativo no custo do produto.

Na da comparação entre FT70/30D e FA40/60A e, FA40/60A e FA70/30D fica evidente que a aplicação da calda de dextrina permite a utilização de menor quantidade de amido modificado na proporção (30%), quando comparada com a calda de açúcar (60%), para a obtenção da mesma sensação de crocância.

### 5.9.2 Teste de Aceitação Global

No teste de aceitação global, realizado com 26 consumidores potenciais do produto, o delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados, considerando-se o tratamento e os consumidores como fatores de variação.

Os dados, submetidos à análise de variância no nível de 5% de probabilidade e a comparação das médias, estão apresentados na Tabela 20.

**Tabela 20** – Valores médios obtidos da avaliação sensorial de aceitação global de amendoim crocante condimentado.

| Amostra  | Aceitação Média ** | Índice de aceitação |
|----------|--------------------|---------------------|
| FA40/60A | 7,8 <sup>a</sup>   | 86,67%              |
| FT70/30D | 7,6 <sup>a</sup>   | 84,40%              |
| FT60/40A | 7,6 <sup>a</sup>   | 84,40%              |
| FA70/30D | 7,5 <sup>a</sup>   | 83,30%              |

\* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

\*\* escala hedônica de 9 pontos (1: desgostei muitíssimo; 9: gostei muitíssimo)

Apesar da diferença no atributo crocância, todas as amostras foram igualmente aceitas pelos consumidores, cujo nível situou-se entre “gostei muito” (8) e “gostei moderadamente” (7), na escala hedônica de 9 pontos, que corresponde ao índice médio de 85% de aceitação.

### 5.9.3 Comparação entre os Testes de Ordenação, Aceitação, as Propriedades Mecânicas, de Som , Cor e Expansão.

No teste de ordenação de crocância, a amostra FT60/40A condimentada foi escolhida como a mais crocante pelos provadores treinados. De acordo com os dados da Tabela 22, quando as propriedades mecânicas e sonoras desta amostra são comparadas com as demais, verifica-se que o número de picos de força desta amostra foi o menor ( $16,08 \pm 3,01$ ), a força em gramas para romper a cobertura (fraturabilidade) foi a maior ( $F=2277,32 \pm 1252,51$ ), a dureza global média em gramas ( $D = 2982,66 \pm 964,27$ ), juntamente com o padrão comercial KING NUTS foi superior às demais amostras condimentadas e o número de picos de som ( $12,5 \pm 3,38$ ), juntamente com a amostra FT70/30D condimentada, foi menor que as demais amostras condimentadas. A propriedade expansão da amostra FT60/40A condimentada, avaliada por volume deslocado de grãos de painço na proveta de 1000ml foi o menor ( $136,67 \pm 0,00$ ), juntamente com a amostra FA70/30D condimentada, de acordo com a Tabela 24.

De acordo com os dados da Tabela 23, quando são consideradas as mesmas formulações antes da condimentação da cobertura, verifica-se que amostra FT60/40A apresentou valores de fraturabilidade ( $F = 3324,91 \pm 96031$ ) e de dureza ( $D = 4103,03 \pm 1116,39$ ) superiores aos demais testes sem condimentação. As propriedades número de picos de som ( $13,00 \pm 5,89$ ), intensidade de som ( $5,33 \pm 0,60$ ) e número de picos de força ( $16,36 \pm 2,97$ ), foram os menores, em comparação com as demais amostras sem condimentação.

No teste de ordenação, a amostra FT60/40A condimentada não teve a crocância associada a qualquer das três amostras restantes.

A amostra FT70/30D condimentada considerada menos crocante pelos provadores (49 pontos) no teste de ordenação, apresentou menor número de picos de som ( $11,4 \pm 3,44$ ), menor intensidade de som ( $4,79 \pm 0,47$ ), maior número de picos de força ( $20,88 \pm 3,44$ ), e menor fraturabilidade em gramas ( $1133,58 \pm 655,33$ ). De acordo com a Tabela 23, quando são avaliadas suas propriedades antes da condimentação, verifica-se que apresentou maior número de picos de som ( $26,1 \pm 5,45$ ), maior número de picos de força ( $21,76 \pm 4,04$ ), menor fraturabilidade em gramas ( $1952,65 \pm 719,02$ ) e menor dureza ( $2824,38 \pm 1228,51$ ), juntamente com a amostra FA40/60A.

**Tabela 21** – Expansão total avaliada pelo volume deslocado (ml) para as formulações condimentadas e padrão comercial.

| Formulações  | Expansão ( volume deslocado) $\pm$ DP* |
|--------------|--|
| FT70/30DCond | 150,00 <sup>ab</sup> $\pm$ 5,77        |
| FA40/60ACond | 153,33 <sup>b</sup> $\pm$ 5,77         |
| FT60/40ACond | 136,67 <sup>a</sup> $\pm$ 0,00         |
| FA70/30DCond | 136,67 <sup>a</sup> $\pm$ 10,00        |
| KING NUTS    | 146,67 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,00        |

\* letras diferentes na mesma coluna indicam diferença (nível de significância 5%) pelo teste de Tukey.

Este fato pode ter ocorrido pela dificuldade dos provadores em diferenciar as propriedades mecânicas dureza, fraturabilidade das propriedades

sonoras associadas à crocância, intensidade de som e número de picos de som, apesar do treinamento.

**Tabela 22** – Propriedades mecânicas, sonoras , expansão e teste de aceitação das amostras condimentadas a 95% de confiança.

| Código       | Aceitação        | Total de Ordenação de Crocância | Crocância                          | Picos som                    | Intens. som                 | Picos força                   | Fratura                           | Dureza                            | Expansão                       |
|--------------|------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| FA40/60Acond | 7,8 <sup>a</sup> | 64 <sup>b</sup>                 | 19765,01 <sup>a</sup><br>± 2198,49 | 14 <sup>ab</sup><br>± 3,45   | 4,68 <sup>a</sup><br>± 0,56 | 20,19 <sup>bc</sup><br>± 3,14 | 1278,05 <sup>a</sup><br>± 763,91  | 1989,03 <sup>a</sup><br>± 588,09  | 153,33 <sup>b</sup><br>± 5,77  |
| FT70/30Dcond | 7,6 <sup>a</sup> | 49 <sup>b</sup>                 | 17528,13 <sup>a</sup><br>± 3592,64 | 11,4 <sup>a</sup><br>± 3,44  | 4,79 <sup>a</sup><br>± 0,47 | 20,88 <sup>c</sup><br>± 3,44  | 1133,58 <sup>a</sup><br>± 655,33  | 2545,67 <sup>ab</sup><br>± 900,07 | 150,00 <sup>ab</sup><br>± 5,77 |
| FT60/40Acond | 7,6 <sup>a</sup> | 96 <sup>a</sup>                 | 18265,43 <sup>a</sup><br>± 3077,62 | 12,5 <sup>a</sup><br>± 3,38  | 4,99 <sup>a</sup><br>± 0,89 | 16,08 <sup>a</sup><br>± 3,01  | 2277,32 <sup>b</sup><br>± 1252,51 | 2982,66 <sup>b</sup><br>± 964,27  | 136,67 <sup>a</sup><br>± 0,00  |
| FA70/30Dcond | 7,5 <sup>a</sup> | 51 <sup>b</sup>                 | 20549,75 <sup>a</sup><br>± 4313,13 | 19,8 <sup>c</sup><br>± 4,80  | 5,87 <sup>b</sup><br>± 0,71 | 19,08 <sup>bc</sup><br>± 3,72 | 1655,17 <sup>a</sup><br>± 742,56  | 2521,12 <sup>ab</sup><br>± 776,85 | 136,67 <sup>a</sup> ±<br>10,00 |
| KING NUTS    | ----             | ----                            | 21472,44 <sup>a</sup><br>± 4490,04 | 18,5 <sup>bc</sup><br>± 5,06 | 6,37 <sup>b</sup><br>± 0,71 | 17,96 <sup>ab</sup><br>± 4,64 | 1528,11 <sup>a</sup><br>± 731,40  | 2984,98 <sup>b</sup><br>± 1119,57 | 146,67 <sup>ab</sup><br>± 0,00 |

\* letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no nível de 5% de significância.

**Tabela 23** – Propriedades mecânicas, sonoras e expansão das amostras sem condimentação a 95% de confiança.

| Código   | Crocância                          | Picos som                     | Intensidade do som          | Picos força                   | Fratura                           | Dureza                             | Expansão                       |
|----------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| FA40/60A | 18682,94 <sup>a</sup><br>± 5037,71 | 24,91 <sup>b</sup><br>± 10,63 | 5,90 <sup>a</sup><br>± 1,27 | 20,36 <sup>bc</sup><br>± 2,33 | 2079,00 <sup>a</sup><br>± 952,13  | 2772,97 <sup>a</sup><br>± 518,08   | 160,00 <sup>a</sup> ±<br>5,77  |
| FT70/30D | 20118,99 <sup>a</sup><br>± 2645,90 | 26,1 <sup>b</sup><br>± 5,45   | 7,53 <sup>b</sup><br>± 0,91 | 21,76 <sup>c</sup><br>± 4,04  | 1952,65 <sup>a</sup><br>± 719,02  | 2824,38 <sup>a</sup><br>± 1228,51  | 163,33 <sup>a</sup> ±<br>5,77  |
| FT60/40A | 20634,35 <sup>a</sup><br>± 7045    | 13,00 <sup>a</sup><br>± 5,89  | 5,33 <sup>a</sup><br>± 0,60 | 19,08 <sup>b</sup><br>± 4,23  | 3324,9 <sup>b</sup><br>± 960,31   | 4103,03 <sup>b</sup><br>± 1116,39  | 160,00 <sup>a</sup><br>± 5,77  |
| FA70/30D | 21868,16 <sup>a</sup><br>± 3618,93 | 35,3 <sup>b</sup><br>± 9,86   | 9,61 <sup>c</sup><br>± 1,22 | 16,36 <sup>a</sup><br>± 2,97  | 1898,32 <sup>a</sup><br>± 1042,22 | 3385,08 <sup>ab</sup><br>± 1008,85 | 173,33 <sup>a</sup> ±<br>28,87 |

\* letras diferentes na mesma coluna indicam diferença (nível de significância 5%)

A cor da amostra foi fator importante na aceitação global, visto que a amostra FA70/30D ( $a^*=10,58 \pm 0,52$  e  $b^*=24,79 \pm 0,98$ ), segundo anotações dos consumidores potenciais do produto, teve a cor relacionada à imagem de produto cru. A amostra FA40/60A ( $a^*= 8,4 \pm 0,78$  e  $b^*= 23,60 \pm 1,14$ ), apresentou cor mais atraente na opinião dos consumidores, o que pode ser atribuída à reação de Maillard e caramelização desenvolvidas na cobertura, pela utilização da calda de açúcar.

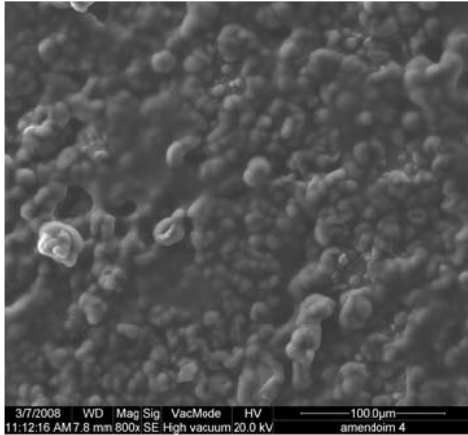
No teste de Dunnett, de comparação das amostras condimentadas com o padrão comercial, as amostras visualmente mais semelhantes foram a FA40/60A e FT70/30D ao padrão KING NUTS. Apesar de ambas apresentarem número de picos de força, intensidade de som e expansão semelhantes ao padrão, a amostra FT70/30D apresentou o número e picos de som estatisticamente semelhante, enquanto a amostra FA40/60A apresentou a dureza. A vantagem do produto FT70/30D foi a similaridade em um atributo diretamente relacionado à crocância, porém a dureza é uma propriedade decisiva na rejeição do produto.

No teste t-Student, em que foi feita a comparação das amostras condimentadas com suas respectivas não-condimentadas, foi possível verificar a manutenção das propriedades mecânicas, de som e expansão após a condimentação. Apesar de todas as amostras apresentarem a propriedade de crocância (distância linear) inalterada após a condimentação, as menos aceitas pelo teste sensorial FT60/40A (7,6) e FA70/30D (7,5) foram as que mantiveram o maior número de características inalteradas. As propriedades preservadas da amostra FT60/40A foram as relacionadas com o som (nº de picos de som e intensidade do som).

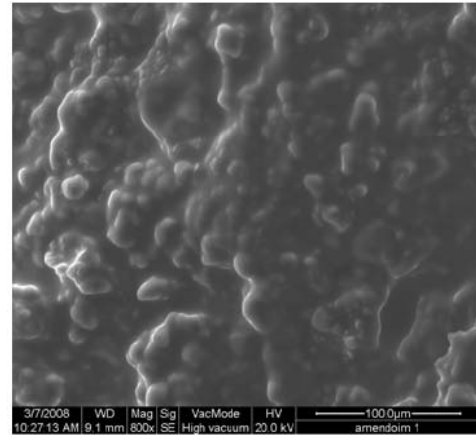
#### 5.10 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Foi realizada a microscopia eletrônica de varredura dos grãos de amendoim e das coberturas dos produtos condimentados FT70/30D, FA40/60A, FT60/40A e FA70/30D, com o objetivo de detectar possíveis diferenças na estrutura expandida ou a presença de componentes da formulação que justifiquem as propriedades mecânicas, e sonoras avaliadas. Os resultados encontram-se nas Tabelas 20 a 23.

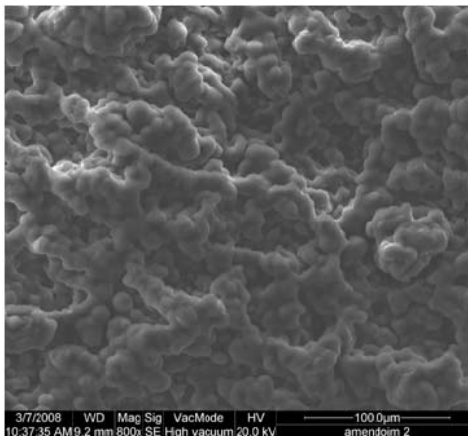
### 5.10.1 Microscopia Eletrônica de Varredura dos Grãos de Amendoim



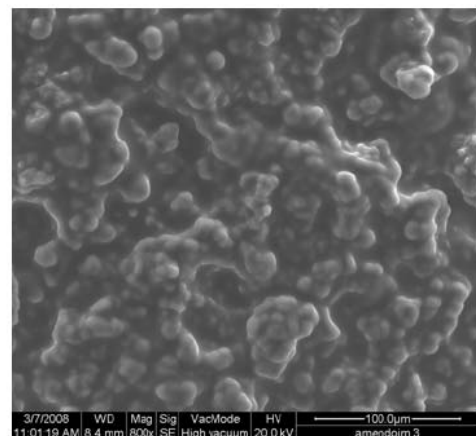
**FIGURA a.**



**FIGURA b.**



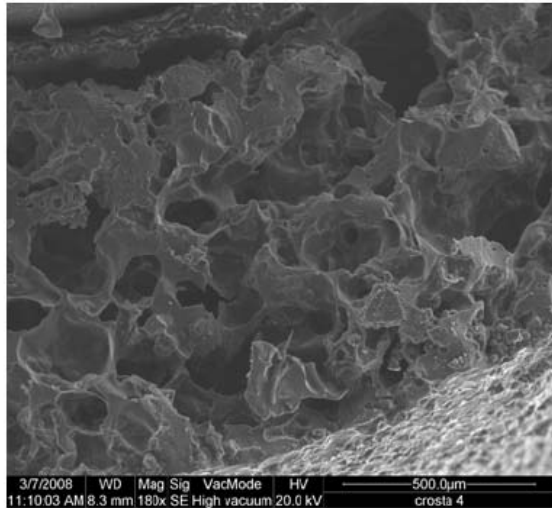
**FIGURA c.**



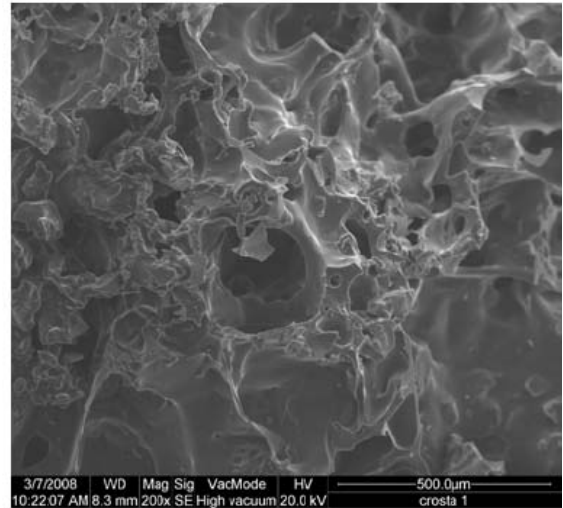
**FIGURA d.**

**Figura 22** – Microscopia eletrônica de varredura do endosperma dos grãos de amendoim. Figura a (Teste 1 - FT70/30D:farinha de trigo 70%; amido pré-gel 30%); Figura b (Teste 2 - FA40/60A :farinha de arroz 40%; amido pré-gel 60%); Figura c (Teste 3 - FT60/40A: farinha de trigo 60%; amido pré-gel 40%); Figura d (Teste 4 - FA70/30D: farinha de arroz 70%; amido pré-gel 30%)

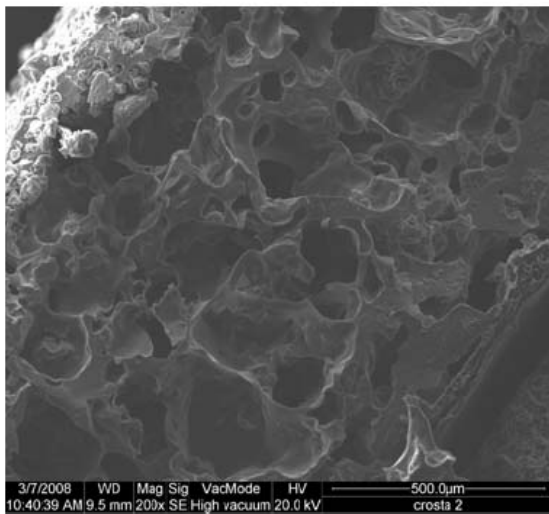
### 5.10.2 Microscopia Eletrônica de Varredura da Cobertura



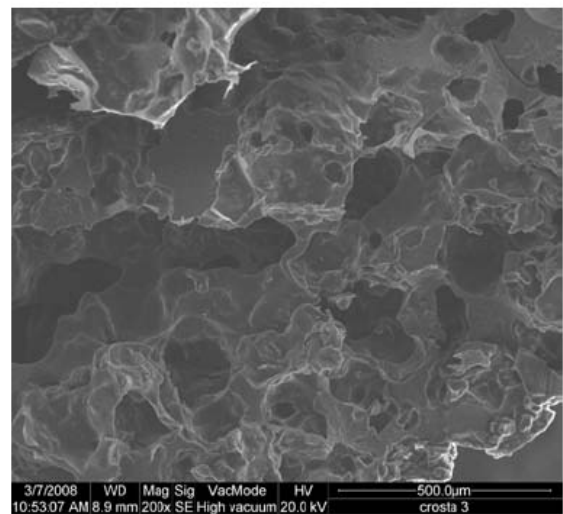
**FIGURA f.**



**FIGURA g.**



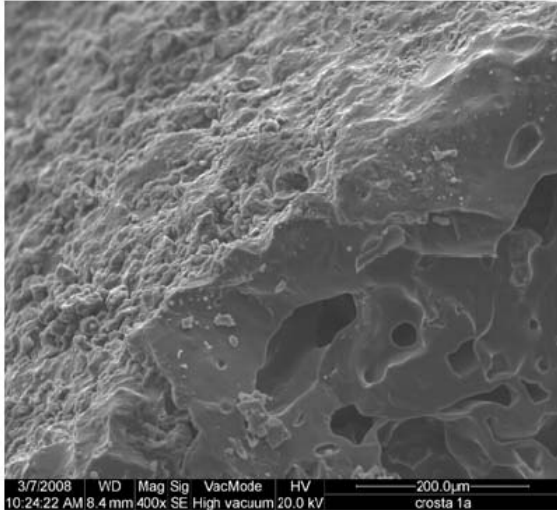
**FIGURA h.**



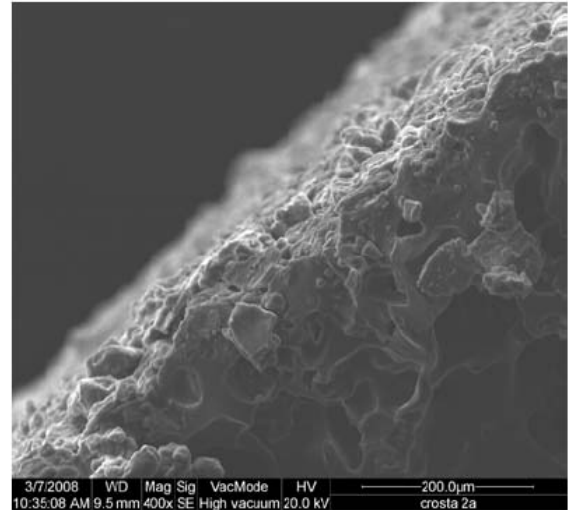
**FIGURA i.**

**Figura 23** – Microscopia eletrônica de varredura da cobertura condimentada dos grãos de amendoim. Figura f (Teste 1 - FT70/30D:farinha de trigo 70%; amido pré-gel 30%); Figura g (Teste 2 - FA40/60A :farinha de arroz 40%; amido pré-gel 60%); Figura h (Teste 3 - FT60/40A: farinha de trigo 60%; amido pré-gel 40%); Figura i (Teste 4 - FA70/30D: farinha de arroz 70%; amido pré-gel 30%)

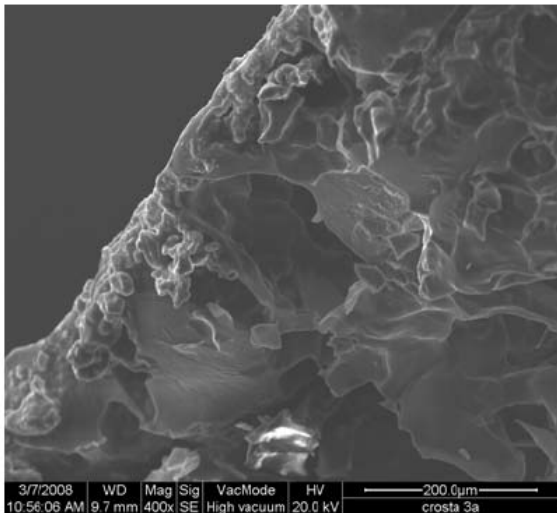
### 5.10.3 Microscopia Eletrônica de Varredura da Cobertura



**FIGURA j.**



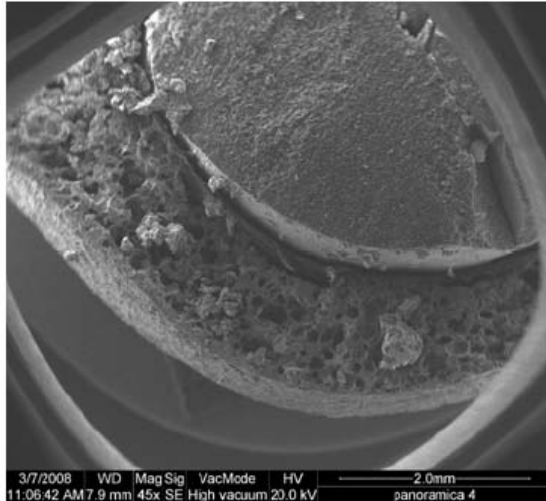
**FIGURA k.**



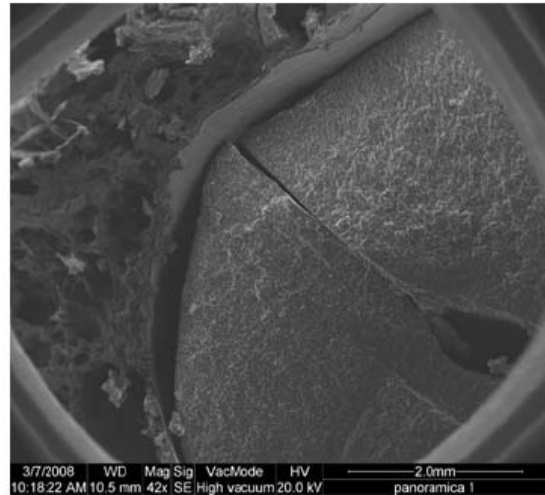
**FIGURA l.**

**Figura 24** – Microscopia eletrônica de varredura da cobertura condimentada dos grãos de amendoim. Figura j (Teste 2 - FA40/60A :farinha de arroz 40%; amido pré-gel 60%); Figura k (Teste 3 - FT60/40A: farinha de trigo 60%; amido pré-gel 40%); Figura l (Teste 4 - FA70/30D: farinha de arroz 70%; amido pré-gel 30%)

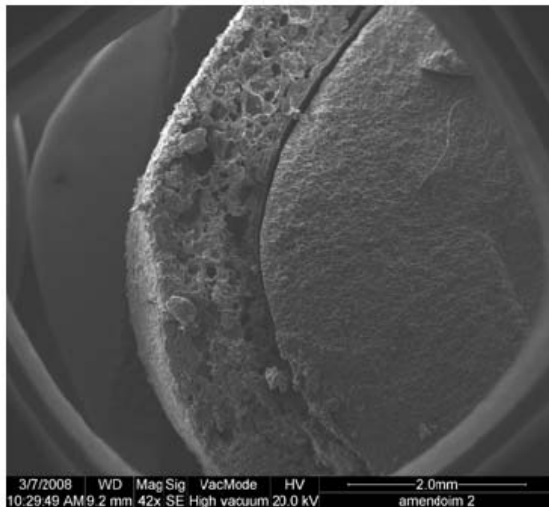
#### 5.10.4 Microscopia Eletrônica de Varredura Panorâmica



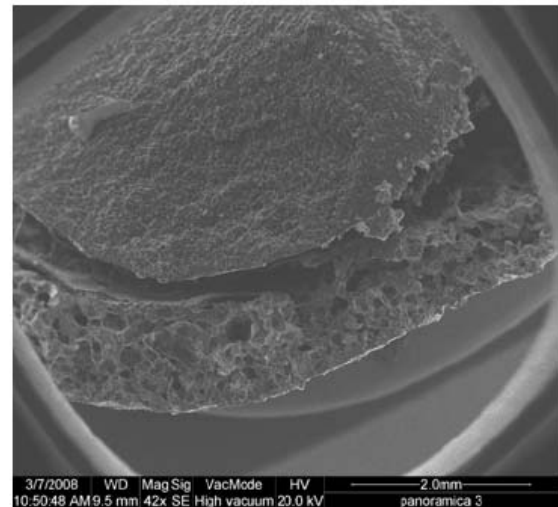
**FIGURA m.**



**FIGURA n.**



**FIGURA o.**



**FIGURA p.**

**Figura 25 –** Microscopia Eletrônica Panorâmica dos grãos de amendoim cobertos e condimentados. Figura m (Teste 1 - FT70/30D: farinha de trigo 70%; amido pré-gel 30%); Figura n (Teste 2 - FA40/60A :farinha de arroz 40%; amido pré-gel 60%); Figura o (Teste 3 - FT60/40A: farinha de trigo 60%; amido pré-gel 40%); Figura p (Teste 4 - FA70/30D: farinha de arroz 70%; amido pré-gel 30%)

O endosperma do amendoim é caracterizado pela presença, em maior proporção de lipídeos, proteínas. A Figura 22c do item 5.10.1, que corresponde à formulação FT60/40A, apresenta maior grau de alteração na estrutura após o forneamento.

A Figura 23g do item 5.10.2, correspondente à formulação FA40/60A (40% farinha de arroz: 60% amido pré-gelatinizado) apresenta grande número de espaços de ar de tamanho bastante reduzido em comparação às demais imagens. A hipótese mais provável sobre a formação destes espaços é atribuída à utilização da farinha de arroz e ao maior percentual de amido pré-gelatinizado na proporção, confirmados por testes mecânicos e sonoros. Vincent (2004, p. 699) verificou que crocância está mais relacionada a fraturas, ao número de células de ar e seu tamanho (muitas células de tamanho reduzido resultam em menor crocância) e paredes espessas entre as células de ar (células maiores são resultado da fusão de células menores, pela adesão entre suas paredes, o que aumenta a espessura e confere maior sensação de crocância).

Na Figura 24j do item 5.10.3, que corresponde à amostra FA40/60A apresentou paredes entre as células de ar mais espessas, diferente da estrutura visualizada desta amostra no item 5.10.2, provavelmente devido à posição da amostra sob o microscópio e à variabilidade existente entre as unidades de amendoim crocante.

Nas Figuras dos itens 5.10.4 de microscopia eletrônica panorâmica é possível verificar que as formulações FT60/40Acond e FA70/30Dcond apresentaram cobertura mais compacta, com grande número de células de ar de pequeno tamanho. A formulação FA40/60Acond apresentou cobertura mais espessa, com várias células de ar de maior tamanho, seguida da formulação FT70/30Dcond. Não foi possível relacionar as propriedades mecânicas e sonoras a esta observação. Entretanto, quando a propriedade de expansão da cobertura é avaliada, verifica-se que não houve diferença em expansão entre estas amostras pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Estas formulações apresentaram menor volume deslocado pela metodologia dos grãos de painço. A formulação FA40/60Acond apresentou maior valor médio de expansão, seguida da amostra FT70/30Dcond.

## 6 CONCLUSÕES

A modificação das propriedades mecânicas e sonoras da cobertura do amendoim japonês para a obtenção do amendoim crocante semelhante a um padrão comercial obteve sucesso, especialmente pela utilização de farinha de arroz, calda de dextrina e maior quantidade de amido de mandioca modificado pré-gelatinizado na proporção da mistura em pó da cobertura do produto.

A cor da cobertura do amendoim crocante para a produção de um produto condimentado foi favorecida pela utilização de calda de açúcar, farinha de trigo e maior quantidade de farinha na proporção. A expansão da cobertura sofreu interferência positiva apenas pela calda de açúcar.

Duas formulações apresentaram maiores semelhanças com o padrão comercial, a FT70/30D e FA40/60A.

As quatro formulações condimentadas mantiveram as propriedades mecânicas, sonoras e expansão após a condimentação e os provadores não detectaram diferenças no atributo crocância entre estas amostras, o que facilita a escolha de uma formulação para a produção industrial.

Apesar de o atributo crocância apresentar extrema influência do componente sonoro dos alimentos, os consumidores em geral encontram dificuldade em diferir tal propriedade de dureza e fraturabilidade, pois mobilizam todos os sentidos, inclusive o tátil durante o teste. O equipamento texturômetro forneceu respostas mecânicas e sonoras compatíveis com a percepção humana no teste de preferência por um produto que oferece menor resistência à ruptura.

Portanto, a modificação das propriedades mecânicas e sonoras da cobertura do amendoim japonês para a obtenção de uma cobertura mais crocante pode tornar o alimento mais atrativo e aumentar o consumo.

## REFERÊNCIAS

A GUIDE TO UNDERSTANDING COLOR COMMUNICATION - X-Rite company.  
Disponível em:

<<http://www.biology.duke.edu/johnsenlab/pdfs/tech/colorcommunication.pdf>>.  
Acesso em: 03 maio 2008.

AHMT, T. et al. **Rheological and sensory properties of starch ingredients evaluated in a food product model**. 2001. Disponível em:

<<http://www.starch.dk/isi/papers/index.htm>>. Acesso em 15 set. 2006.

AIB Standard Procedure – Corn Tortilla Chip. Disponível em Stable Micro Systems Ltd. – Application Guide.

APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, 2007.

ASCHERI, D. P. R. et al. Effect of extrusion on the water adsorption of pre-gelatinized flours from rice and jabuticaba bagasse. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** v. 26, n. 2, 2006.

BOURNE, M. C. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. New York: Cornell University, 2004. 325p.

CARACTERÍSTICAS físico – químicas do amido de mandioca (Padrão ABAM) . Disponível em: <[http://www.abam.com.br/carac\\_fis\\_qui.php](http://www.abam.com.br/carac_fis_qui.php)> Acesso em: 14 set. 2006.

CHANG, Y.K.; EL-DASH, A. A. Effects of acid concentration and extrusion variables on some physical characteristics and energy requirements of cassava starch. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**. , São Paulo, v. 20, n. 2, 2003

CHEW, S. H. State of the worldwide snacking industry. In: NCA's State of the Industry Conference, (2006?) Orlando, Florida. Disponível em <[http://www.ecandy.com/ecandyfiles/SOTIC2006\\_Euromonitor.ppt](http://www.ecandy.com/ecandyfiles/SOTIC2006_Euromonitor.ppt)>. Acesso em: 08 set. 2006.

CHINO, J.; NAKADA, K.; Baked confections and process for the preparation thereof. United States. Meji Seika Kaisha Ltd. (Tokyo, JA). Patent number 4053650, 1977. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/4053650.html>>. Acesso em: 01 ago 2007.

COATING of confectionery centers with gum Arabic. Disponível em: <[http://www.vfs-systems.com/subjects/application/application\\_01.asp?Id\\_Appli=11](http://www.vfs-systems.com/subjects/application/application_01.asp?Id_Appli=11)> . Acesso em: 11 ago 2006.

COMPOSIÇÃO da goma acácia. Disponível em <<http://www.cniworld.com/>>. Acesso em: 10 set 2006.

CORNELL, H. J.; HOVELING, A. W. **Wheat**: chemistry and utilization. Melbourne. 1998. 146 p.

COSTA, M. G. et al. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 220-225, 2008.

DIAS, A. R. G. et al. Oxidação dos amidos de mandioca e de milho comum fermentados: desenvolvimento da propriedade de expansão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 794-799, 2007.

DUIZIER, S.. A review of acoustic research for studying the sensory perception of crisp, crunchy and crackly textures. **Trends in Food Science & Technology**, n. 12, p. 17-24 , 2001.

DUIZER, L. M., CAMPANELLA, O. H., BARNES, G. R. G. Sensory, instrumental and acoustic characteristics of extruded snack food products. **Journal of Texture Studies**, n. 29, p. 397-411, 1998.

ESTATÍSTICAS do amendoim. Disponível em: <[http://www.abicab.org.br/index\\_home.htm](http://www.abicab.org.br/index_home.htm)>. Acesso em: 08 set. 2006.

ESTELLER, M. S. et al. Sugar effect on bakery products. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p.602-607.

FÉCULA de mandioca. Disponível em <<http://www.abmamidos.com.br>>. Acesso em: 14 set. 2006.

FRANCO C. M. L. et al. **Série Culturas Tuberosas Amiláceas Latino Americanas -Propriedades Gerais do Amido**. Fundação Cargill, 2002. v. 1. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/livroscargil/>>. Acesso em: 14 set 2006.

FREITAS, F. O.; PENÁLLOZA, A. P. S.; VALLS, J. F. M. **O Amendoim Contador de História**. Brasília: Embrapa, 2003. Disponível em: <<http://www.cenargen.embrapa.br/publica/trabalhos/doc107.pdf#search=%22Origem%20do%20Amendoim%22>>. Acesso em: 08 set 2006.

GODOY, I. J. et al. Yield, stability and adaptability of peanut cultivars in three levels of foliar disease control. **Pesquisa Agropecuria Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 7, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 15 set 2006.

GOMES, C. R. **Curso teórico-prático: tecnologia de fabricação de confeitos drageados macios de açúcar e de chocolate**. Campinas, 2004.

GUILHERME, F. F. P.; JOKL, L. Emprego de fubá de melhor qualidade protéica em farinhas mistas para produção de biscoito. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, 2005.

HAMER, R. J.; HOSENEY, C. R. **Interactions: the keys to cereal quality**. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1998. 173 p.

IMESON, A. **Thickening and Gelling Agents for Food**. 2 ed. London, 1994. p. 66-80.

JACKSON, E.B. **Sugar confectionery manufacture**. 2 ed. Chapman & Hall, 1995. 415 p.

KARAM, L. B., GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S. S. F. Misturas de farinha de aveia e amido de milho com alto teor de amilopectina para produção de "snacks". **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 158-163, 2001.

LEONEL, M., GARCIA, A.C.B., REIS, M.M. Caracterização físico-química e microscópica de amidos de batata-doce, biri, mandioca e taioba e propriedades de expansão após modificação fotoquímica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.7, n. 2, p129–137, jul/dez 2004.

LIU, X; TAN, J. Acoustic wave analysis for food crispness evaluation. **Journal of Texture Studies**. University of Missouri, v. 30, n. 4, p. 397-408 , 1999.

LUYTEN, H; PLIJTER, J.J; VLIET, T.V. **Understanding the sensory attributes crispy and crunchy**: an integrated approach. Proceedings 3<sup>rd</sup> International Symposium on Food Rheology and Structure, p.379 -384. 2003. Disponível em: < <http://www.wcfs.nl/webdb/OverviewProjectPages?readform&Page=B012&Prog=B>>. Acesso em: 14 jul. 2007.

MARZEC, A., LEWICKI, P.P, RANACHOWSKI, Z. Influence of water activity on acoustic emission of flat extruded bread. **Journal of Food Engineering**, p. 410. 2007.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 2. ed. Boca Raton, 1991. 354 p.

MENDES DA SILVA, C. E., FACANHA, S. H. F., GOMES DA SILVA, M. G. Effect of the water, amylose, amylopectin contents and the degree of gelatinization on the sour cassava (*Manihot sculenta*, K.) starch biscuit growth. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas. v. 18, n. 1, p. 60-62, 1998.

MONTGOMERY, D. C. Design and Analysis of Experiments. 5<sup>th</sup> ed. John Wiley and Sons, 2000.

MOORE, G. R. P. et al. Cassava and corn starch in maltodextrin production. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, 2005.

NABESHIMA, E. H.; EL-DASH, A. A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 22, n.1, p.107-120, jan/jun 2004.

NALESNIK, C. A. et al. The effects of drying on the properties of extruded whey protein concentrates and isolates. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 2, p.688-694, 2007.

NEWELL, G. J., MacFARLANE, J. D. Expanded tables for multiple comparison **Procedures in the Analysis of Ranked Data Journal of Food Science**, v. 52, n. 6, p. 1721–1725, 1987.

PRIMO-MARTIN, C. et al. Effect of structure in the sensory characterization of the crispness of toasted rusk roll. **Food Research International**, v. 41, n. 5, p. 480-486, 2008.

QUANTIFY Brittleness and Crispines. Disponível em:  
<<http://www.texturetechnologies.com/brittle.htm>>. Acesso em: 12 set. 2006.

ROSENTHAL, A. J. **Food Texture: Measurement and Perception**. Oxford: Oxford University 1999. 311 p.

RESOLUÇÃO RDC nº 172, de 04 de julho de 2003. Disponível em:  
<<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>> Acesso em: 09 set 2006.

RESOLUÇÃO RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Disponível em:  
<<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>>. Acesso em: 09 set 2006.

SEIBEL, N. F. **Caracterização, fracionamento e hidrólise enzimática dos componentes do resíduo do processamento da soja [Glycine Max (L.)Merrill], fibras dos cotilédones**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

SERRANO, P. O.,FRANCO,C M.L., Modificação Hidrotérmica (Annealing) e Hidrólise Enzimática do Amido de Mandioca, **Brazilian Journal of Food Tecnology** , v.8, n.3, p. 220–232 , jul/set 2005.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Características físico – químicas do amido de mandioca**. Disponível em:<[www.sbrt.ibict.br/upload/sbrt3045.pdf](http://www.sbrt.ibict.br/upload/sbrt3045.pdf)>. Acesso em: 14 set.2006.

SILVA, G. O. et al. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 188-197, 2006.

SHAHIN, M.A.; SYMONS, S.J. **Seed sizing from images of non-singulated grain samples**. Disponível em:  
<<http://www.engr.usask.ca/societies/csae/protectedpapers/c0429.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2006.

SHIRAI, M. A. et al. Características físico-químicas e utilização em alimentos de amidos modificados por tratamento oxidativo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 239-247, 2007.

SOUZA, R. C. R.; ANDRADE, C. T. Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho. **Polímeros**, São Carlos, v. 10, n.1, 2000.

STANLEY, D.W.; BAKER, K.W. **A Simple Laboratory Exercise in Food Structure/Texture Relationships Using a Flatbed Scanner**. Ontario :Dept. of Food Science, , 2002.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS), versão 6.08. **The SAS Institute**, Cary, N. C., 1992. <<http://www.alwolff.com/products.php?lang=en>>. Acesso em: 11 ago 2006.

TAKEUCHI, K. P.; SABADINI, E.; CUNHA, R. L. da. Análise das propriedades mecânicas de cereais matinais com diferentes fontes de amido durante o processo de absorção de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.1 p. 78-85, jan-mar, 2005.

TEXTURE Analyzer Specifications. Disponível em <[http://www.texturetechnologies.com/TAXTPlus\\_Texture\\_Analyzer.html#Anchor-10452](http://www.texturetechnologies.com/TAXTPlus_Texture_Analyzer.html#Anchor-10452)> Acesso em: 12 set 2006.

TONUKARI, N. J. Cassava and the future of starch. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 1 p. 5-8, 2004.

YONEMOTO, P. G; CALORI-DOMINGUES, M. A.; FRANCO, C. M. L. Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, 2007.

VINCENT, J.F.V. The quantification of crispness. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.78 n. 2, p. 162-168. 1998.

WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. **Starch: chemistry and technology**. 2 ed. [s.l.: s. n.]1984. 718 p.

WILKINSON; DIJKSTERHUIS; MINEKUS. From food structure to texture. **Trends in Food Science &Technology**, v. 11, n. 12, p. 442 – 450, 2000.