

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**Farinha Pré-gelatinizada de Quirera de Arroz e de Grãos de
Sorgo e sua Aplicabilidade na Elaboração de Sopa Instantânea**

Autor: Ana Carolina Galvão Gomes
Orientadora: Dr.^a Mayra C. Peixoto Martins Lima

Rio Verde - GO
Dezembro - 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**Farinha Pré-gelatinizada de Quirera de Arroz e de Grãos de
Sorgo e sua Aplicabilidade na Elaboração de Sopa Instantânea**

Autor: Ana Carolina Galvão Gomes
Orientadora: Dr.^a Mayra C. Peixoto Martins Lima

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em tecnologia de alimentos, no Programa de Pós-Graduação Profissional em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde - Área de Tecnologia e Processamento de Alimentos.

Rio Verde- GO
Dezembro – 2017

Carolina Galvão Gomes, Ana

G633f Farinha Pré-gelatinizada de Quirera de Arroz e de Grãos de Sorgo e sua Aplicabilidade na Elaboração de Sopa Instantânea / Ana Carolina Galvão Gomes. -- Rio Verde. – 2017.

135f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Goiano –
Câmpus Rio Verde, 2017.

Orientador: Doutora. Mayra Conceição Peixoto Martins Lima.

Bibliografia

1. Cereais. 2. Subproduto. 3. Extrusão de grãos. 4. Sopa Instantânea. I. Título. II. Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

FARINHA PRÉ-GELATINIZADA DE QUIRERA DE
ARROZ E GRÃOS DE SORGO E SUA APLICABILIDADE
NA ELABORAÇÃO DE SOPA INSTANTÂNEA

Autora: Ana Carolina Galvão Gomes
Orientadora: Mayra Conceição Peixoto Martins Lima

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração
em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

APROVADA em 12 de dezembro de 2017.



Dr^a. Denise Gomes Alves
Avaliadora externa
UFT/Palmas



Dr^a. Mariana Buranelo Egea
Avaliadora interna
IF Goiano/Rio Verde



Dr^a. Priscila Alonso dos Santos
Avaliadora interna
IF Goiano/Rio Verde



Dr^a. Mayra Conceição Peixoto Martins Lima
Presidente da banca
IF Goiano/Rio Verde

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus, e a minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me conduzido ao longo deste mestrado, dando paciência e sabedoria.

Ao Flávio Henrique, meu melhor amigo e eterno companheiro, que nunca mediu esforços para me ajudar nessa jornada, foi graças a ele que tomei a decisão para ingressar no mestrado. Muito obrigada pela paciência nos momentos de estresse e pela compreensão nos momentos que estive ausente.

Aos meus amados Antônio Leopoldo e Agostinho, mesmo distantes sempre me deram palavras de apoio e sempre acreditaram em mim.

À minha querida Ana Maria, que sempre me incentivou e enxugou minhas lágrimas.

À minha orientadora Professora Dr.^a Mayra C. P. M. Lima, pela confiança, respeito, por ter me acolhido, orientado e proporcionado a oportunidade de desenvolver esta pesquisa.

À minha Coorientadora Professora Dr.^a Priscila A. dos Santos, pela disponibilidade, orientação e apoio.

Ao meu Coorientador Professor Dr. Márcio Caliari, pelo auxílio, dedicação e orientação.

À Denise Gomes Alves, minha orientadora não apenas de trabalhos, mas da vida, por sua disponibilidade, dedicação, paciência e amor.

À minha adorada companheira de jornada, Maria Siqueira, nossas viagens serão inesquecíveis, nosso livro está sendo escrito, muitas foram as lições aprendidas, não apenas do trabalho, mas da vida.

Às minhas queridas amigas Keyla Rezende e Daiana Vieira, por sempre me auxiliarem, pela companhia, apoio e incentivo.

Ao Instituto Federal Goiano, por proporcionar e viabilizar a realização deste trabalho e aos professores do Programa de Pós-Graduação, que puderam me apoiar no desenvolvimento desta pesquisa.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Ana Carolina Galvão Gomes, filha de Deine da Silva Galvão e Antônio Leopoldo Gomes Neto, nasceu no dia 17 de janeiro de 1991, na cidade de Araguaína, Tocantins. Coursou o ensino fundamental e médio no Colégio Nossa Senhora da Assunção, em Curitiba, Paraná. Concluiu a graduação em Engenharia de Alimentos, em 2014, na Universidade Federal do Tocantins, em Palmas-TO. Em abril de 2016, iniciou no curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos, no Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde - GO, sob a orientação das professoras Dr.^a Mayra C. P. M Lima e Dr.^a Priscila A. dos Santos.

“O maior líder é aquele que reconhece sua pequenez, extrai força de sua humildade e experiência da sua fragilidade”.
Augusto Cury

ÍNDICE GERAL

	Página
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUÇÃO.....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 Arroz.....	5
2.2 Sorgo.....	7
2.3 Extrusão.....	9
2.4 Sopa de preparo instantâneo.....	11
2.5 Delineamento de Misturas.....	12
2.6 Teste de Desejabilidade.....	14
2.7 Análise Sensorial.....	15
3 OBJETIVOS.....	17
3.1 Geral.....	17
3.2 Específicos.....	17
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 MATERIAL.....	19
4.2 MÉTODOS.....	20
4.3 APLICAÇÃO DA FARINHA PRÉ-GELATINIZADA E ELABORAÇÃO DA SOPA INSTANTÂNEA – ANÁLISES.....	27
4.3.1. Delineamento Experimental da Sopa.....	27
4.3.2. Composição Centesimal.....	28
4.3.3. Potencial hidrogeniônico.....	29
4.3.4. Acidez Total Titulável.....	29
4.3.5. Índices de absorção e solubilidade em água.....	30
4.3.6. Capacidade de absorção de óleo.....	31
4.3.7. Análise de cor.....	31
4.3.8. Análise Reológica.....	32
4.3.9. Análises Microbiológicas.....	32
4.3.10. Análise Sensorial.....	33
4.3.11. Análise Estatística.....	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

CAPÍTULO II.....	46
5.1 ARTIGO 1 - OBTENÇÃO DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS DE QUIRERA DE ARROZ E DE GRÃOS DE SORGO: CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL, FÍSICO-QUÍMICA E TECNOLÓGICA.....	47
5.1.1 INTRODUÇÃO.....	49
5.1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	50
5.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
5.1.4 CONCLUSÃO.....	66
5.1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
5.2 ARTIGO 2 - APLICAÇÃO DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS DE ARROZ E SORGO NA ELABORAÇÃO DE SOPAS INSTANTÂNEAS: CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL, QUALIDADE TECNOLÓGICA, MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL.....	73
5.2.1 INTRODUÇÃO.....	75
5.2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	76
5.2.2.1 Material	76
5.2.2.2 Métodos	76
5.2.2.2.1 Processo de Extrusão	76
5.2.2.2.2 Elaboração das Sopas	78
5.2.2.2.3 Composição Centesimal	78
5.2.2.2.4 Análises Físico-Químicas	78
5.2.2.2.5 Índice de Absorção de água e Solubilidade em água	78
5.2.2.2.6 Análise de cor	79
5.2.2.2.7 Viscosidade	79
5.2.2.2.8 Análises Microbiológicas	79
5.2.2.2.9 Análise Sensorial	79
5.2.2.2.10 Análise Estatística	80
5.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	81
5.2.4 CONCLUSÃO.....	103
5.2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	109

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Planejamento de misturas tipo Simplex Centroide da formulação da sopa. ...	28
Tabela 2. Caracterização Físico-Química dos Grãos de Sorgo, da Quirera de Arroz e das Farinhas Pré-Gelatinizadas de Sorgo e de Arroz.	53
Tabela 3. Valores médios e desvio padrão das coordenadas de cor nas quireras de sorgo e arroz e na farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS) e farinha pré-gelatinizada de arroz (FPGA).....	58
Tabela 4. Valores médios e desvio padrão referente ao índice de absorção em água (I.A.A.), índice de solubilidade em água (I.S.A) e capacidade de absorção em óleo (C.A.O.) das farinhas pré-gelatinizada de arroz (FPGA) e farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS).	61
Tabela 5. Planejamento de misturas tipo Simplex Centroide da formulação da sopa para estudo do efeito da farinha pré-gelatinizada de arroz (X1), da farinha pré-gelatinizada de sorgo (X2) e amido (X3), sobre as propriedades tecnológicas da sopa instantânea.	77
Tabela 6. Índice de absorção em água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), cor (Croma e °Hue) e viscosidade (VISC) das formulações propostas pelo delineamento de misturas simplex centroide.	83
Tabela 7. Modelos Matemáticos para propriedades tecnológicas.	84
Tabela 8. Valores observados experimentalmente e valores preditos pelos modelos matemáticos para os experimentos.	85
Tabela 9. Índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) das formulações das sopas instantâneas.	86
Tabela 10. Análise de variância referente ao índice de absorção de água das formulações.	87

Tabela 11. Análise de variância referente ao índice de solubilidade em água das formulações.....	88
Tabela 12. Análise de variância referente a Cromaticidade das formulações.	90
Tabela 13. Análise de variância referente ao ângulo Hue das formulações.	91
Tabela 14. Resultados dos parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), Croma e o °Hue das formulações.	93
Tabela 15. Análise de variância referente a viscosidade das formulações.	95
Tabela 16. Composição centesimal da sopa instantânea experimental selecionada pelo teste de desejabilidade, formulada com 80% de FPGA, 10% de FPGS e 10% de FB. ...	99
Tabela 17. Análise microbiológica da melhor formulação (MF) da sopa instantânea.	101

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Quirera de Arroz.....	6
Figura 2. Sorgo Vermelho.	7
Figura 3. Representação esquemática de uma extrusora.	9
Figura 4. Visão geral de um gráfico de mistura de 3 componentes A, B e C, e sua mesma representação em linhas de grade.	13
Figura 5. Extrusora (Imbramaq, PQ30, Ribeirão Preto, Brasil) utilizada para produção da farinha pré-gelatinizada de sorgo e de arroz.....	20
Figura 6. Histograma da frequência retida da quirera de arroz (QA), quirera de sorgo (QS), farinha pré-gelatinizada de arroz (FPGA) e farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS).	61
Figura 7. Grão de Arroz em ampliação de 700X (A) e 1,500X (B).	64
Figura 8. Farinha Pré-Gelatinizada de Arroz em ampliação de 500X (C) e 1,500X (D)	64
Figura 9. Grão de Sorgo em ampliação de 700X (E) e 1,500X (F).	65
Figura 10. Farinha Pré-Gelatinizada de Sorgo em ampliação de 500X (G) e 1,500X (H).	65
Figura 11. Formulações experimentais das sopas instantâneas obtidas a partir do delineamento de misturas de FPGA, FPGS e FB.	82
Figura 12. Diagrama de Pareto para ordenar a ocorrência da FPGA, FPGS e FB em relação ao IAA.	86
Figura 13. Diagrama de Pareto para ordenar a ocorrência da FPGA, FPGS e FB em relação ao ISA.....	87
Figura 14. Curvas de níveis respostas relativas ao índice de absorção de água (IAA) das sopas instantâneas experimentais.....	88

Figura 15. Curvas de níveis respostas relativas ao índice de solubilidade em água (ISA) das sopas instantâneas experimentais.	88
Figura 16. Diagrama de Pareto para ordenar a ocorrência da FPGA, FPGS e FB em relação a Cromaticidade.....	90
Figura 17. Diagrama de Pareto para ordenar a ocorrência da FPGA, FPGS e FB em relação ao °Hue.	91
Figura 18. Curvas de níveis respostas relativas a Cromaticidade das sopas instantâneas experimentais.	93
Figura 19. Curvas de níveis respostas relativas ao Ângulo Hue das sopas instantâneas experimentais	93
Figura 20. Diagrama de Pareto para ordenar a ocorrência da FPGA, FPGS e FB em relação ao °Hue.	95
Figura 21. Curvas de níveis respostas relativas ao Ângulo Hue das sopas instantâneas experimentais	95
Figura 22. Gráficos referentes aos perfil da Desejabilidade da melhor formulação da sopa instantâne.	97
Figura 23. Distribuição dos provadores em relação ao sexo, faixa etária e intenção de compra da sopa instantânea.	100
Figura 24. Teste de Aceitação Sensorial da melhor formulação da sopa instantânea.	102

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

	Página
Equação 1- Cálculo do Volume de Água	21
Equação 2- Cálculo do Teor de Umidade.....	22
Equação 3- Cálculo de Resíduo Mineral Fixo	22
Equação 4- Cálculo do Teor de Proteína	23
Equação 5- Cálculo do Teor de Lipídios	24
Equação 6- Cálculo dos Carboidratos Totais.....	24
Equação 7- Cálculo do Valor Energético	24
Equação 8- Cálculo do Teor de Minerais	25
Equação 9- Cálculo da Granulometria.....	26
Equação 10- Cálculo da Acidez Total Titulável.....	29
Equação 11- Cálculo do Índice de Absorção de Água	30
Equação 12- Cálculo do Índice de Solubilidade em Água	30
Equação 13- Cálculo para indicar o parâmetro Croma.....	31
Equação 14- Cálculo para indicar o Ângulo Hue	32

ÍNDICE DE APÊNDICES

	Página
APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	110
APÊNDICE B - Ficha de avaliação da análise sensorial aceitação e intenção de compra.....	114

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo	Sigla
°C	Graus Celsius
A	Massa do cadinho vazio
a*	Cromaticidade do verde (-80) a vermelho (+100);
AACC	American Association for Clinical Chemistry
Anvisa	Agência nacional de vigilância sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
b*	Cromaticidade do azul (-50) ao amarelo (+70)
b.s.	Base seca
b.u.	Base úmida
C	Cinzas
C*	Chroma, saturação da cor
Ca	Cálcio
CNNPA	Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de variação
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
f	Fator de correção da solução de hidróxido de sódio
F1	Formulação 1
F2	Formulação 2
F3	Formulação 3
F4	Formulação 4
F5	Formulação 5
F6	Formulação 6
F7	Formulação 7
F8	Formulação 8

F9	Formulação 9
F10	Formulação 10
FPGA	Farinha pré-gelatinizada de arroz
FPGS	Farinha pré-gelatinizada de sorgo
FB	Fécula de Batata
Fc	Fator de correção da normalidade do titulante
Fe	Ferro
g	Grama
H	Hue, tonalidade ou matiz cromática (°)
H⁺	Íon hidrogênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFGoiano	Instituto Federal Goiano
K	Potássio
KBr	Brometo de potássio
kcal	Quilocalorias
kg	Quilograma
L	Lipídeos
L*	Luminosidade do preto (0) ao branco (+100)
M	Metro
m	Massa de lipídios
m'	Massa da matéria seca
Ma	Massa de água;
MA	Massa da amostra
mg	Miligrama
Mg	Magnésio
mL	Mililitro
mm	Milímetro
Mn	Manganês
N	Normalidade
N	Concentração da solução de hidróxido de sódio
Na₂CO₃	Carbonato de sódio
NaNO₂	Nitrito de sódio
NaOCl	Hipoclorito de sódio

NaOH	Hidróxido de sódio
NH₃	Amônia
Nm	Nanômetro
°Brix	Grau Brix (escala numérica de índice de refração)
P	Fósforo
PA	Para análise
PB	Proteína bruta
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
Rpm	Rotações por minuto
SS	Sólidos solúveis
TE	Equivalente de trolox
Trolox	6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid
UV-Visível	Ultravioleta visível
V	Volume
VB	ml gastos do titulante
VL	ml gastos do titulante
X	Teor de água
Zn	Zinco
µm	Micrômetro
µL	Microlitro
µmol	Micromole

RESUMO

O arroz é mundialmente cultivado, sendo um dos principais produtos da base alimentar humana, destaca-se como fonte energética entre os demais grãos, possui grande valor nutricional, além de ser altamente energético. O sorgo é o quinto cereal mais produzido mundialmente, após o trigo, o arroz, o milho e a cevada. Entre os cereais sem glúten utilizados em alimentos, o sorgo tem sido caracterizado como um alimento básico para mais de meio bilhão de pessoas em pelo menos trinta países. Devido à crescente demanda para a utilização de subprodutos da indústria, este estudo teve como objetivo estudar a composição centesimal, propriedades físico-químicas e tecnológicas das farinhas pré-gelatinizadas de arroz e de sorgo, a partir da quirera de arroz e dos grãos de sorgo, com o intuito de aplicá-las na elaboração de sopas instantâneas. Foram produzidas farinhas pré-gelatinizadas com alta qualidade tecnológica e nutricional, a partir disso foi realizado o planejamento experimental de misturas para a elaboração das formulações das sopas instantâneas. Foi adicionada a mistura das sopas a fécula de batata e observou-se que é possível produzir sopas de preparo instantâneo, a partir das farinhas pré-gelatinizadas de arroz e de sorgo com boa qualidade tecnológica de viscosidade. Foi realizado o teste de desejabilidade para determinar a melhor formulação de sopa instantânea, que além de apresentar melhores resultados de qualidade tecnológica, apresentou boas características nutricionais, sendo rica em proteínas e minerais. Ao ser submetida a análise sensorial, a sopa apresentou boa aceitabilidade, portanto as farinhas pré-gelatinizadas produzidas podem ser aplicadas a novos produtos, como a sopa, e podem ser utilizadas como fonte para elevar o teor nutricional dos alimentos.

Palavras-chave: Cereais. Subproduto. Extrusão de grãos. Sopa Instantânea.

ABSTRACT

Rice is one of the main products of the human food base, it stands out as an energy source among the other grains, it has great nutritional value, besides being highly energetic. Sorghum is the fifth most produced cereal worldwide, after wheat, rice, corn and barley. Among gluten-free grains used in food, sorghum has been characterized as a based-food for more than half a billion people in at least thirty countries. Due to the increasing demand for the use of by-products from the industry, this study aimed to study the centesimal composition, physicochemical and technological properties of the pregelatinized rice and sorghum flours, from rice grains and sorghum grains, to apply them in the elaboration of instant soups. Pregelatinized flours with high technological and nutritional quality were produced, then the experimental planning of blends for the elaboration of instant soups was carried out. The soup mixture was added to potato starch and it was observed that it is possible to produce instant cooking soups from pregelatinized rice and sorghum flours with good technological viscosity quality. The desirability test was carried out to determine the best formulation of instant soup, which besides presenting better results of technological quality, presented good nutritional characteristics, being rich in proteins and minerals. When submitted to sensory analysis, the soup had good acceptability, therefore the produced pregelatinized flours can be applied to new products, such as soup, and can be used as a source to increase the nutritional content of foods.

Key words: Cereals. By-product. Extrusion of grains. Instant Soup.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

O arroz é mundialmente cultivado e é um dos principais produtos da base alimentar humana, destacando como fonte energética entre os demais grãos. No Brasil, o plantio do arroz originou em meados de 1540, espalhando posteriormente, principalmente pelo litoral brasileiro no Nordeste (CONAB, 2015).

No Brasil, o consumo anual de arroz é de, em média, 55,8 Kg por habitante, sendo este, o nono maior produtor mundial com safra 2016/2017 de 11,5 milhões de toneladas (MAPA, 2017).

O arroz é um alimento de grande valor nutricional, altamente energético contendo teores de proteínas entre 7 e 8%, sais minerais (fósforo, ferro e cálcio) e vitaminas do complexo B, especialmente o tipo integral. A proteína do arroz contém, oito aminoácidos essenciais (aminoácidos limitantes) ao homem, estando dispersa no endosperma e farelo do grão, apresentando boa digestibilidade (CARVALHO et al., 2012). Além disso, o arroz possui baixo valor de lipídeos. Em 100 gramas de amostra de arroz branco, encontra-se 2,1% de fibras, 78,9% de carboidratos, 2,1% de cinzas e 349 kcal (SILVA; ASCHERI; PEREIRA, 2007).

A quirera de arroz é gerada durante o beneficiamento, que dependendo do cultivar, época de colheita e temperatura de secagem pode representar entre 14% e 60% do total dos grãos submetidos ao processo de beneficiamento. Este é um subproduto comumente rejeitado, obtendo apenas a quinta parte do valor comercial obtido pelo grão de arroz inteiro, gerando grande perda econômica para o setor arroseiro do país. Mas, mesmo assim possui a mesma composição do grão inteiro, ou seja, é rico principalmente em amido (LIMBERGER et al., 2008).

A necessidade crescente por produtos de conveniência a partir de cereais sem glúten como o arroz, milho, quinoa e amaranto é um grande desafio para a pesquisa de

alimentos. O aumento da prevalência de doença celíaca leva ao aumento da demanda de produtos sem glúten, portanto, alimentos que não apresentem trigo, centeio, cevada ou aveia (SCHOUENLECHNER; DRAUSINGER, 2010).

Entre os cereais sem glúten utilizados em alimentos, o sorgo tem sido caracterizado como alimento básico para mais de meio bilhão de pessoas em pelo menos trinta países (FAO, 2017). No entanto, apesar do seu consumo estar em expansão em todo o mundo, a cultura do sorgo ainda não tem atingido o seu potencial produtivo.

No Brasil, o cultivo de sorgo é principalmente visando a produção de grãos, para suprir a demanda das indústrias de ração animal ou como forragem, para alimentação de ruminantes, sendo que, há consumo desse cereal na alimentação humana (QUEIROZ et al., 2014).

Segundo dados do “11º Levantamento de Avaliação da Safra de Grãos”, da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017), o estado de Goiás lidera a produção nacional com 805,4 mil toneladas, seguido por Minas Gerais (666 mil toneladas) e por Mato Grosso (86,9 mil toneladas), revelando grande queda na produção do grão na região mato-grossense.

Por sua isenção de glúten, o sorgo tem sido cada vez mais pesquisado e utilizado na elaboração de diversos produtos alimentícios. Assim, a farinha de trigo pode ser substituída por sorgo em produtos sem glúten, como bolos, cereais matinais, pães, biscoitos, mingaus e massas (WINGER et al., 2014).

O sorgo apresenta-se como uma alternativa na alimentação humana aos outros cereais convencionais por conter elevada concentração de compostos fenólicos, carotenoides, fibra alimentar e ser livre de glúten (QUEIROZ et al., 2015).

A extrusão é um processo contínuo, muito utilizado na tecnologia de transformação de alimentos, por provocar alterações em várias propriedades funcionais do amido e de farinhas amiláceas em função dos parâmetros operacionais do processo, que depende dos fatores como umidade e do tipo da matéria-prima (TI et al., 2015; GONZÁLEZ et al., 2013). Apresenta-se como um processo vantajoso em relação aos outros tipos de processamento por ser versátil, com alta produtividade, viabilidade econômica, baixa degradação dos nutrientes dos alimentos, aumento da digestibilidade, destruição de alguns componentes antinutricionais, enzimas indesejáveis e microrganismos, eficiência no gasto de energia, produção de novos alimentos, além da economia de tempo (EMBRAPA, 2011).

Por ser uma das tecnologias com grande poder de agregação de valor, devido a sua versatilidade e por não gerar efluentes, a extrusão se torna um tipo de processamento econômico. Através desse processo é possível elaborar vários produtos, por exemplo, snacks, pellets, massas e massas pré-cozidas, farinhas pré-gelatinizadas e instantâneas, proteínas texturizadas, bebidas instantâneas em pó, alimentos infantis, gomas de mascar, ração animal, entre uma gama de outros produtos (GUERREIRO, 2007).

A aplicação de farinhas pré-gelatinizadas de sorgo e arroz apresenta grande potencial na elaboração de alimentos instantâneos, que vem sendo muito divulgados nos últimos tempos. A maioria dos alimentos instantâneos necessita de calor para atingir a textura desejada, como por exemplo, o leite em pó (integral e desnatado), alimentos destinados à alimentação infantil, os cafés solúveis e as sopas desidratadas instantâneas. A viabilidade da utilização dos amidos modificados nestes tipos de formulações tem despertado o interesse de pesquisadores, com o objetivo de avaliar a produção de alimentos com matérias-primas menos valorizadas e que forneçam características tecnológicas desejáveis (VISSOTO et al., 2006).

Portanto, este trabalho justifica-se devido ao produto estudado ser desenvolvido a partir de um subproduto da indústria arroseira, com baixo nível de aproveitamento e valor econômico e um outro produto de grande potencial tecnológico e nutricional, mas que é destinado apenas a alimentação animal, no Brasil, na produção de uma sopa instantânea. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a farinha pré-gelatinizada de arroz e a farinha pré-gelatinizada de sorgo quanto a sua composição centesimal, características instrumentais de cor e o efeito combinado das farinhas pré-gelatinizadas com a fécula de batata para elaborar uma sopa de preparo instantâneo com maior desejabilidade em relação à sua característica tecnológica e aceitação sensorial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Arroz

O arroz (*Oryza Sativa*) ocupa no ranking o segundo lugar do cereal de maior produção mundial, ficando atrás somente do trigo. Estima-se que na safra brasileira em 2015/16 foram produzidas 706,38 milhões de toneladas de arroz base casca ou 480,34 milhões de toneladas de arroz beneficiado (CONAB, 2017).

A qualidade dos grãos de arroz está diretamente relacionada ao valor de mercado do produto e pelo grau de aceitação do consumidor. O termo qualidade do grão de arroz depende da finalidade do seu consumo, do grupo étnico envolvido e do tipo de processamento utilizado. Por isso, o arroz pode ser avaliado como sendo de boa ou má qualidade de acordo com preferências e necessidades do consumidor (COUTINHO, 2013).

No Brasil, o consumo per capita diário é de 108 g, fornecendo 14 g (100 g)⁻¹ dos carboidratos, 10 g (100 g)⁻¹ das proteínas e 0,8 g (100 g)⁻¹ dos lipídios, com base em uma dieta de 2000 kcal por dia, atingindo um consumo per capita anual superior a 70 kg (KENNEDY et al., 2002).

O arroz comercializado no Brasil, passa por sistemas de classificação após o beneficiamento, os grãos quebrados são separados, obtendo-se assim os subprodutos destes grãos, conhecidos como quirera de arroz. Este coproduto tem pouca aceitação pelo consumidor, devido sua aparência e características físicas, apresentando baixo valor comercial (NICOLETTI, 2007; LIMBERGER et al., 2009).

É classificado como grão quebrado, o pedaço de arroz que fica retido na peneira de 1,6 mm de diâmetro e apresenta comprimento inferior a ¼ partes do comprimento

mínimo do grão inteiro. A quirera (Figura 1) é a parte que passa na referida peneira (Ministério de Estado da Agricultura, 1988), ela é formada pela fragmentação dos grãos que se rompem durante o processo de beneficiamento decorrente do efeito da aplicação de uma força mecânica externa aos grãos, ocasionando a ruptura em pequenos pedaços.



Figura 1. Quirera de Arroz.
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Os grãos de arroz quebrados, incluindo a quirera, têm sido utilizados na elaboração de produtos prontos e semiprontos e alguns são desenvolvidos pelo processo de extrusão (SILVA et al., 2008). Pode-se obter diversos novos produtos ou ingredientes a partir dos grãos quebrados e da farinha de arroz como: farinhas pré-gelatinizadas (BECKER, 2010), farinhas mistas pré-gelatinizadas e macarrão (MOURA, 2011).

A média da composição nutricional da quirera de arroz para cada 100g, é de 3,17g de carboidratos, 0,73g de proteínas, 0,41g de lipídeos, 0,58g de cinzas e 17,28kcal de valor energético, valor praticamente igual ao do arroz inteiro beneficiado (CARVALHO et al., 2011).

A farinha de grãos quebrados de arroz é pouco comercializada por não apresentar propriedades tecnológicas competitivas em relação ao trigo. Porém, o arroz apresenta características interessantes para o consumo, como por exemplo, é um alimento não alergênico, em suas variedades possuem ampla faixa de teor de amilose, que pode ser aplicada em diversos produtos, por ser livre de glúten pode ser consumido por portadores de doença celíaca (SILVA; ASCHERI, 2009).

A farinha de arroz se tornou um atrativo para a indústria de alimentos extrusados, apresentando características favoráveis quanto a sua qualidade, como sabor leve, cor clara

e hipoalergenicidade. Além disso, pode ser produzida com a quirera, que é coproduto de baixo valor comercial e com pouca aplicação na indústria de alimentos (CLERICI; EL-DASH, 2008; CHAIYAKUL et al., 2009).

2.2 Sorgo

O sorgo (Figura 2) é o quinto cereal de maior produção no mundo (FAO, 2017) e fica em sétimo lugar na produção brasileira (IBGE, 2017). Por ser um cereal versátil e com facilidade de produção, o sorgo tem sido a base alimentar de milhões de pessoas (MUTISYA et al., 2009). Seu grão é usado principalmente como um alimento em muitas partes da África, Ásia e os trópicos semiáridos em todo o mundo (RAGAE, ABDEL-AAL e NOAMAN, 2006).



Figura 2. Sorgo Vermelho.
Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Os fabricantes de alimentos sem glúten estão investindo no uso de grãos inteiros, incluindo milho, arroz, sorgo, trigo sarraceno, quinoa e amaranto, pois são considerados como potenciais grãos *gluten free*, com um perfil nutricional excelente, capazes de diversificar este mercado crescente (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010).

Vários alimentos são preparados a partir do sorgo, principalmente em países da África e na Índia. Na África, o sorgo é consumido após o processo de fermentação, na

forma de pães como o *kisra* (Sudão), e também da forma de mingaus como o *kogobe* (África), *ogi* (Nigeria) ou o *to* (África Ocidental) (ABDELGHAFOR et al., 2011; JADHAV; ANNAPURE, 2013; RATNAVATHI; PATIL, 2013).

Os grãos de sorgo têm sido aplicados em alimentos e vem ganhando popularidade por seu potencial benéfico para a saúde, contra doenças crônicas e relacionadas ao excesso de desnutrição (STEFOSKA-NEEDHAM, BECK, JOHNSON, & TAPSELL, 2015).

O sorgo é uma alternativa para substituir os cereais convencionais como trigo, arroz, aveia e cevada, devido sua elevada concentração de compostos fenólicos (AWIKA et al., 2005). Estudos realizados *in vitro* confirmaram elevado potencial antioxidante do sorgo em função da presença de compostos fenólicos (GÜLÇİN et al., 2010; AWIKA et al., 2009), sendo que seu consumo pode estar associado a redução do risco de doenças como as cardiovasculares (CARR et al., 2005), diabetes (LAKSHMI, VILAMALA, 1996), obesidade (AL- MAMARY et al., 2001) e câncer (AWIKA et al, 2009; YANG et al., 2009).

Comparado com trigo, cevada, milho ou centeio, o sorgo tem o maior conteúdo de compostos fenólicos (RAGAEI et al., 2006; SVENSSON, SEKWATI-MONANG, LUTZ, SCHIEBER, & GANZLE, 2010). Os compostos fenólicos são geralmente considerados componentes desejáveis em alimentos destinados a alimentação humana devido sua atividade antioxidante. Todas as variedades de sorgo contêm compostos fenólicos. Os tipos e níveis presentes estão relacionados à cor do pericarpo e a presença de testa pigmentada (DYKES e ROONEY, 2006).

O valor nutricional dos grãos de sorgo é semelhante ao dos grãos de milho e varia de acordo com o genótipo, sendo que, em cada um deles, o amido corresponde ao principal macronutriente, com variação entre 55,6 e 75,2% do cereal. Os lipídios dos grãos de sorgo são ricos em ácidos graxos poli-insaturados e estão presentes, principalmente, no germe; e as fibras alimentares, no pericarpo dos grãos (QUEIROZ et al., 2015).

O sorgo também pode ser considerado como fonte de amido resistente, pois apresenta concentração superior a encontrada em outros cereais e leguminosas (QUEIROZ et al., 2011). Em estudos realizados por Niba e Hoffman (2003), foi encontrado o teor de 6,46 % de amido resistente em determinada cultivar de sorgo, além disso, observaram que após imersão dos grãos em água a 37°C houve aumento significativo de sua concentração.

Tendo em vista a composição centesimal do sorgo pode-se afirmar que este grão apresenta composição química semelhante ao do milho e trigo, podendo ter seu potencial explorado como matéria-prima para a elaboração de diversos produtos, incluindo produtos sem glúten destinados a portadores de doença celíaca (SOUZA et al., 2009; CIACCI et al. 2007; DICKO et al., 2006; NEUMANN et al.; 2004; MARTÍNEZ & PAU, 1992).

2.3 Extrusão

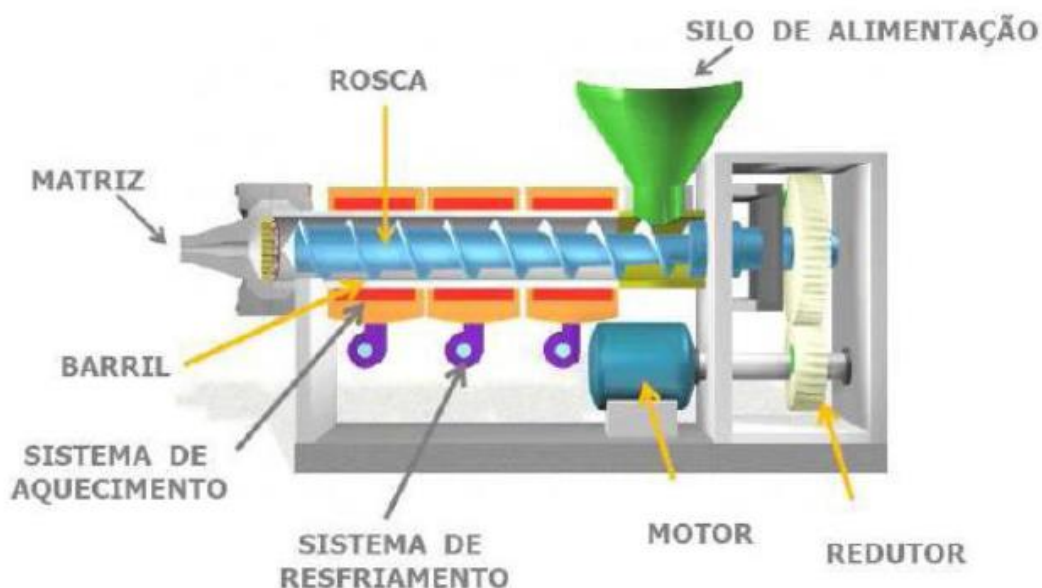


Figura 3. Representação esquemática de uma extrusora.
Fonte: Batista (2010).

O processo de extrusão termoplástica de alimentos é uma tecnologia que teve origem na indústria de plásticos na década de 1930. Extrusores mono roscas foram utilizados em 1935 para dar forma a macarrões e cereais pré-cozidos, mas somente nos anos 1940 foram desenvolvidos extrusores com grandes motores elétricos, para cozimento, com o propósito de preparar *snacks* (GUERREIRO, 2007).

O processo de pré-gelatinização do amido, obtido por meio da extrusão, amplia as possibilidades de elaboração de novos produtos e proporciona melhorias no

processamento de alguns alimentos. A farinha pré-gelatinizada é obtida por meio do processo de extrusão e possibilita a produção de alimentos instantâneos como sopas e sobremesas, além de utilização como ingredientes para produtos como biscoitos e massas (COUTINHO, 2013).

A extrusão termoplástica tem sido uma boa opção, pois este processo causa hidratação do amido e das proteínas, homogeneização, gelatinização do amido, liquefação de gorduras, desnaturação de proteínas e expansão do material processado, entre outros. O amido, ao ser pré-gelatinizado, sofre transformações químicas que causam intumescimento e ruptura dos grânulos, modificações das estruturas cristalinas que aumentam a solubilidade e a viscosidade em água fria (LUSTOSA et al., 2009; TAVARES, 2010; TROMBINI; LEONEL, 2010). O cozimento por extrusão aumenta significativamente a digestibilidade do amido quando comparado com os amidos não extrusados, ocorrendo a ruptura da estrutura física do grânulo de amido e a gelatinização, aumentando assim a viscosidade a frio (HAGENIMANA; DING; FANG, 2006).

Quando os extrusados são moídos, transformam-se em farinhas pré-gelatinizadas e dessa forma o produto passa a ter novo formato. A opção de desenvolver farinhas pré-gelatinizadas a partir da trituração dos *snacks* torna possível o emprego do extrusado como espessante ou estabilizante em produtos instantâneos, de panificação e de confeitaria, ou seja, novas oportunidades de inovação para o mercado consumidor (CARVALHO et al., 2012).

Através do processo de extrusão podem ser obtidos amidos e farinhas pré-gelatinizadas com diversas possibilidades de aplicação como ingrediente alimentício, em formulação de produtos instantâneos, pré-prontos ou produtos prontos (SINGH; KAUR; MCCARTHYB, 2007).

As farinhas pré-gelatinizadas sofrem modificação em sua estrutura amilácea de forma que ocorre melhoria na absorção e solubilidade da água, ou seja, as mudanças causam a gelatinização do amido facilitando no desenvolvimento de produtos como bolo, pães e biscoitos. Além disso, este tipo de farinha é um benefício para desenvolvimento tecnológico, proporcionando a redução de perdas industriais com a utilização de subprodutos que anteriormente não eram utilizados, e através do processo podem ser aproveitados para a produção de farinha pré-gelatinizada (BASTOS, 2012).

A solubilidade e a viscosidade do produto são a base para a elaboração de alimentos instantâneos, como os preparados em pó para sopas, bebidas e sobremesas. Desta forma, após o processo de extrusão, as farinhas de alguns cereais e leguminosas

são comercializadas como alimentos instantâneos (CARVALHO; ASCHERI; CALVIDAL, 2002; SILVA et al., 2010).

2.4 Sopa de preparo instantâneo

As indústrias de alimentos têm desenvolvido cada vez mais produtos versáteis, e práticos para o consumo. Isto está ocorrendo porque cada vez mais a população procura opções alimentícias mais rápidas, práticas, apresentando segurança alimentar, que sejam nutritivos e que satisfaçam seu paladar. Com este intuito, a busca pela praticidade no preparo dos alimentos, tem tornado cada vez mais frequente encontrar nos supermercados uma diversidade de produtos prontos e/ou semiprontos, instantâneos, desidratados, sobremesas e sopas (JESUS, 2015).

Pode-se observar que a vida moderna e o mundo globalizado estão mudando o estilo de vida e os hábitos alimentares das pessoas, direcionando a elaboração de produtos mais saudáveis e que ofereçam praticidade em seu manuseio e preparo (TEIXEIRA, 2008).

As sopas em pó facilitam a vida do consumidor, principalmente para aqueles que dispõem de pouco tempo para a preparação de alimentos, pois requerem apenas a adição de água e aquecimento (SANTOS et al., 2010).

Segundo a Resolução RDC nº 229, de 28 de agosto de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, que aprova Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Sopa, a sopa é definida como o produto obtido pelo cozimento com água ou outros líquidos da mistura de ingredientes, podendo ser pronta para o consumo, congelada ou não, ou necessitar de reconstituição quando concentrada ou desidratada (BRASIL, 2003).

2.5 Delineamento de Misturas

Para o desenvolvimento de novos produtos, além de considerações técnicas, legais e mercadológicas, necessita também de processos de otimização que tenha o objetivo de melhorar as condições do processamento e da formulação, com boa qualidade e redução de gastos (CASTRO, et al., 2003).

A metodologia de superfície de resposta (MSR) é, atualmente, a mais popular técnica para otimização de produtos de processos. Na primeira etapa desta técnica é quando é feita a escolha de um delineamento experimental seguida de modelagem matemática, que é realizada ajustando-se modelos lineares ou quadráticos a resultados experimentais, obtidos através de planejamentos fatoriais com ou sem ampliação. Logo depois desta etapa é possível deslocar-se sobre a superfície de resposta ajustada, a fim de localizar regiões que satisfaçam condições de interesse. Dentre estes planejamentos está o delineamento de misturas (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2001; CARNEIRO et al., 2005).

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

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

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

A aplicação da modelagem matemática e de processos de otimização de formulações alimentícias pode ser grande diferencial para a avaliação da qualidade nutricional e sensorial de alimentos para diversos fins, sendo uma ferramenta de grande importância para o pesquisador, pois, fornece as informações necessárias no desenvolvimento e otimização de produtos alimentícios (DINGSTAD; WESTAD; WAES, 2004; FERGUSON et al., 2006).

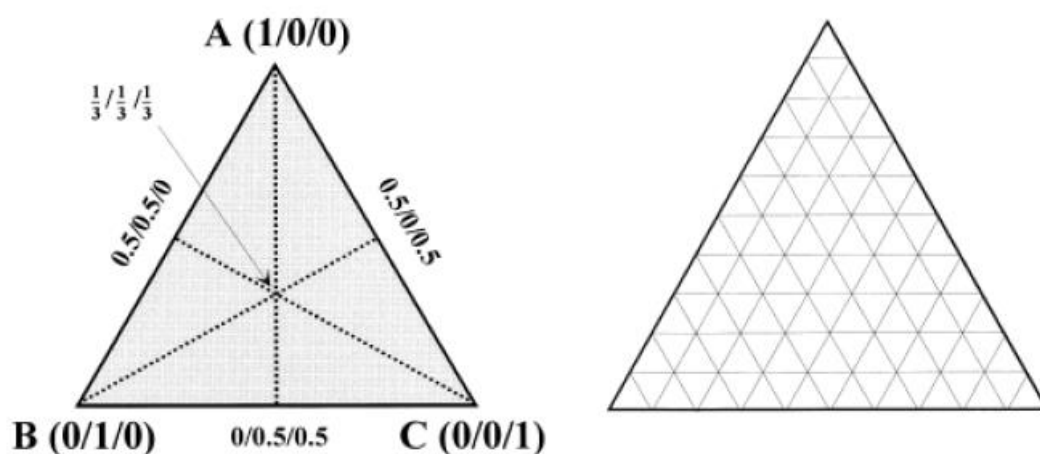


Figura 4. Visão geral de um gráfico de mistura de 3 componentes A, B e C, e sua mesma representação em linhas de grade.

Fonte: ERIKSSON; JOHANSSON; WIKSTRÖM, 1998.

É possível observar um grande problema na área de alimentos frente à multiplicidade de respostas obtidas. Desta forma, no desenvolvimento de formulações alimentares, por exemplo, o custo dos ingredientes, bem como, as propriedades funcionais, sensoriais e nutricionais do produto requerem tratamento conjunto. Uma ação eficiente para a solução deste impasse é a utilização de técnicas computacionais, de forma que se obtenha a melhor combinação de fatores, resultando assim na melhor combinação possível de respostas, considerando a importância relativa de cada uma delas. A utilização da função de desejabilidade é uma das técnicas que permitem chegar ao resultado mais

homogêneo neste tipo de circunstância (SILVA; BORSATO; SILVA, 2000; CARNEIRO et al., 2005).

2.6 Teste de Desejabilidade

A otimização de processos ou produtos, considerando-se apenas uma variável, levará a valores não ótimos das características que não tenham sido consideradas. Devido este fato é que muitos processos industriais e produtos são avaliados por mais de uma característica de qualidade. Deste modo, para que sejam selecionados os melhores parâmetros, faz-se necessário a consideração de todas as medidas de qualidade simultaneamente. O nome desse processo é otimização multivariada (WURL; ALBIN, 1999; RIBEIRO; FOGLIATTO; CATEN, 2000).

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

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

Deste modo, a desejabilidade individual é calculada através das médias geométricas das desejabilidades. Este procedimento consiste em avaliar numerosas formulações até encontrar qual, dentre todas, possui melhor desempenho conforme as proposições iniciais. A função desejabilidade é considerada como melhoria nestes tipos de aproximações, sendo muito utilizada na otimização de misturas, prestando valioso

auxílio em análises para definição de formulações e testes sensoriais (SUICH; DERRINGER, 1980; SHYY et al., 2001).

2.7 Análise Sensorial

A qualidade de um alimento é influenciada pela satisfação do consumidor. O consumidor avalia além das características físicas, químicas e microbiológicas, mas também se as qualidades sensoriais atendem às suas expectativas (LOURES et al., 2010).

A análise sensorial utiliza os sentidos humanos como ferramenta na avaliação de alimentos. Ela é aplicada no desenvolvimento de produtos, na identificação de aspectos específicos, no controle de qualidade, na avaliação de vida útil e aceitação. Tem por definição um modo científico utilizado para medir, citar, analisar e interpretar características em alimentos, que possam ser constatadas através dos cinco sentidos, visão, olfato, tato, paladar e audição, utilizando conhecimentos de ciências de alimentos, fisiologia, psicologia e estatística (SIMPSON; PIGGOTT; WILLIAMS, 1998).

De maneira geral, para escolher os alimentos e sua aceitabilidade são utilizadas percepções afetivas sensoriais tais como “gostei” ou “não gostei”, e somente após isso são avaliadas suas propriedades nutricionais e o apelo saudável. O entendimento sobre estas percepções dos consumidores, quando aplicadas às primeiras etapas do desenvolvimento de um novo produto estabelece um diferencial importante para o sucesso deste produto. O teste de aceitação é um dos métodos afetivos aplicados com provadores não treinados, que é importante, pois expressa a opinião do consumidor. Em uma seleção inicial das amostras ou avaliação preliminar da aceitação, a análise sensorial é realizada normalmente em laboratórios, com 30 a 50 julgadores (CLIFF e HEYMANN, 1993; STONE e SIDEL, 1992).

Dentre os métodos sensoriais disponíveis para analisar a aceitação e preferência dos consumidores, a escala hedônica estruturada de nove pontos é possivelmente o método mais utilizado, pela confiabilidade e validade de seus resultados, além de ser de fácil entendimento para os provadores. Os valores obtidos após o teste de aceitação utilizando a escala hedônica, são submetidos a análise de variância (ANOVA) seguida do teste estatístico de Tukey. Este teste permite verifica se há ou não diferença significativa

entre duas médias, a certo nível de confiança, que normalmente é de 95%. A escala hedônica também pode ser avaliada através de histogramas. Os histogramas facilitam a visualização da segmentação dos valores hedônicos de cada amostra, revelando o nível de aceitação e rejeição obtido (MARCELLINI, 2005; SANTOS et al., 2009; PFLANZER et al., 2010).

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliação da farinha pré-gelatinizada de sorgo e arroz, quanto as características funcionais, físicas e químicas. Análise da aplicabilidade das farinhas pré-gelatinizadas produzidas, agregando a fécula de batata, quanto as características tecnológicas, nutricionais e microbiológicas da sopa de preparo instantâneo que será elaborada e por fim, análise sensorial.

3.2 Específicos

- Caracterizar as propriedades físicas, químicas e tecnológicas da quirera de arroz e dos grãos de sorgo.
- Produzir a farinha pré-gelatinizada através da extrusão da quirera de arroz e de grãos de sorgo.
- Caracterizar as propriedades físicas, químicas e tecnológicas das farinhas pré-gelatinizadas de arroz e sorgo.

- Analisar por microscopia eletrônica de varredura (MEV) os grãos e as farinhas pré-gelatinizadas.
- Aplicar a farinha pré-gelatinizada na elaboração de uma sopa instantânea, empregando planejamento experimental para misturas.
- Caracterizar as propriedades físicas, químicas e tecnológicas da sopa.
- Analisar microbiologicamente a sopa.
- Definir, através do teste de desejabilidade, utilizando o software STATISTICA, a sopa com maior potencial comercial.
- Avaliar a aceitabilidade da sopa desenvolvida através da análise sensorial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

O Sorgo granífero (*Sorghum Bicolor* L. Moench), genótipo *Buster* de grãos avermelhados, sem tanino, foram doados pela empresa Atlântica Sementes, situada na cidade de Rio Verde-GO. Os grãos quebrados de arroz foram doados pela empresa Cristal Alimentos Ltda., localizada em Aparecida de Goiânia-GO.

Foi utilizado fécula de batata, da marca Nativa[®], que foi adquirida no comércio local de Rio Verde-GO, os condimentos como salsa da marca Dicol[®], alho e cebola desidratados da marca Rei dos Condimentos[®], e sal da marca Cisne[®], foram adquiridos no comércio de Goiânia-GO.

O experimento foi dividido em duas etapas: Etapa 1, foram elaboradas as farinhas pré-gelatinizadas referentes aos grãos de sorgo e ao coproduto de arroz, através do processo de extrusão, trituração e padronização de granulometria. Foram posteriormente avaliados os padrões físico-químicos, composição centesimal, parâmetros tecnológicos e cor dessas farinhas. Etapa 2, foram desenvolvidas formulações de sopas instantâneas com a utilização das farinhas pré-gelatinizadas obtidas da quirera de arroz e dos grãos de sorgo, adicionadas de fécula de batata e condimentos.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Produção da farinha pré-gelatinizada de sorgo e arroz

Os grãos de sorgo foram devidamente limpos de forma manual, para a remoção de sujidades, e triturados em moinho TRF 300-Super, da marca TRAPP®, com peneira de 5mm. A quirera de arroz e os grãos quebrados de sorgo foram extrusados em extrusora termoplástica (Imbramaq, PQ30, Ribeirão Preto, Brasil) de rosca única, com taxa de compressão da rosca de 3:1, taxa de alimentação de 350 g.min⁻¹, abertura da matriz circular de 5 mm de diâmetro, temperatura na primeira, segunda e terceira zona de aquecimento do extrusor de 40°C, 60°C e 90°C, respectivamente e rotação da rosca a 250 rpm. No Laboratório de Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Agroindustriais (Labdarsa), da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG).



Figura 5. Extrusora (Imbramaq, PQ30, Ribeirão Preto, Brasil) utilizada para produção da farinha pré-gelatinizada de sorgo e de arroz.

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Antes do processo de extrusão os grãos foram submetidos ao processo de condicionamento de umidade, em base úmida (b.u.), até atingir 15% de umidade. A umidificação foi realizada borrifando-se água destilada sobre os grãos quebrados a serem extrusados, permanecendo esta mistura *overnight* sob refrigeração (4°C) em saco de polietileno de baixa densidade. A quantidade de água a ser dispersa sobre os grãos foi determinada conforme a Equação 1 (MARCILIO et al., 2003).

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

Em que:

A = Teor de umidade inicial da amostra (g.100g⁻¹);

B = Teor de umidade desejado da amostra (g.100g⁻¹);

C = Massa da amostra (g).

Após o condicionamento da umidade, a amostra foi retirada da câmara fria e mantida à temperatura ambiente até o início do processo de extrusão.

Após o processo de extrusão, o produto foi triturado em um liquidificador industrial para obtenção da farinha pré-gelatinizada (FPG).

As farinhas pré-gelatinizadas foram padronizadas em 35 *mesh* e acondicionadas em sacos de polietileno de alta densidade em diferentes porções e congelados para uso posterior em análise e desenvolvimento das massas alimentícias experimentais.

Foi utilizado o delineamento de mistura com variação das porcentagens em concentração de farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS), farinha pré-gelatinizada de arroz (FPGA) e fécula de batata (FB). Através da avaliação das propriedades tecnológicas das sopas instantâneas obtidas e da aplicação do teste de desejabilidade foi determinada a melhor formulação. A formulação selecionada foi avaliada quanto a composição centesimal, nutricional, ao perfil microbiológico, e aceitação sensorial.

4.2.2 Análises dos grãos de sorgo e quirera de arroz e de suas respectivas farinhas pré-gelatinizadas

4.2.2.1 *Umidade*

A umidade foi determinada pelo método de secagem em estufa (105 ± 1 °C) de acordo com método AOAC. A umidade foi calculada pela Equação 2 (AOAC, 2000).

$$X = \frac{ma}{ma + Mms} \cdot 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

X = Umidade (% b.u.);

ma = massa de água;

Mms = massa da matéria seca.

4.2.2.2 *Cinzas (resíduo mineral fixo)*

As cinzas foram determinadas de acordo com método da AOAC Após este processo, os resíduos por incineração foram calculados a partir da Equação 3 (AOAC, 2000).

$$\% \text{Cinzas} = \frac{(B - A) \times 100}{MA} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

A = Massa do cadinho vazio;

B = Massa do cadinho com amostra após secagem;

MA= Massa da amostra.

4.2.2.3 *Proteína bruta*

Os teores proteicos foram determinados por método quantitativo, obtidos por meio da análise de nitrogênio, com fator de conversão de 5,75 para proteínas vegetais, segundo o método de Kjeldahl. O cálculo realizado para a determinação de proteína seguiu a Equação 4 (AACC, 2000).

$$\% \text{ proteína (base úmida)} = \frac{(VL - VB) \times (0,014 \times 100) \times 6,25 \times N \times Fc}{MA} = y \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

VB = mL gastos do titulante;

VL = mL gastos do titulante;

0,014 = meq Nitrogênio;

6,25 = Fator de conversão do teor de N em proteína;

N = Normalidade do titulante;

Fc = Fator de correção da normalidade do titulante;

MA = Massa da amostra.

4.2.2.4 *Lipídios*

O Extrato Etéreo (lipídios) foi extraído diretamente em Soxhlet pelo método AOAC (2000).

Os resultados foram determinados por gravimetria, expressos em % de lipídeos, calculados a partir da Equação 5.

$$\% \text{ Lipídios} = 100 \times \frac{m}{m'} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

m = massa de lipídios, g;

m' = massa da matéria seca.

4.2.2.5 *Carboidratos*

Os carboidratos totais foram obtidos por diferença (Equação 6), subtraindo-se de cem os valores obtidos de umidade, cinzas (Resíduo Mineral Fixo), lipídios (Extrato Etéreo) e proteínas, conforme descrito por Sniffen e Perez (1992).

$$\text{Carboidratos Totais} = 100 - (\% \text{ Umidade} + \% \text{ RMF} + \% \text{ EET} + \% \text{ PTN}) \quad (\text{Equação 6})$$

4.2.2.6 *Valor energético*

O valor energético total (VET) dos produtos formulados foi estimado utilizando os fatores para conversão de 4 kcal.g⁻¹ para proteínas e carboidratos, e 9 kcal.g⁻¹ para lipídios, conforme Equação 7 (MERRIL; WATT, 1973).

$$\text{VET} = (\% \text{ PTN} \times 4,0 \text{ kcal.g}^{-1}) + (\% \text{ CHO} \times 4,0 \text{ kcal.g}^{-1}) + (\% \text{ EET} \times 9,0 \text{ kcal.g}^{-1}) \quad (\text{Equação 7})$$

4.2.2.7 *Sólidos solúveis totais (°Brix)*

Para a determinação do °Brix, foram adicionados 10 g das farinhas e dos grãos a 100 mL de água destilada em um erlenmeyer, a solução foi submetida a agitação (em agitador magnético por 10 minutos), e em seguida filtradas, foram efetuadas leituras diretas do filtrado em um refratômetro digital (CAVENDER et al., 2014).

4.2.2.8 *Análise de minerais*

A análise de minerais foi realizada conforme metodologias descritas por Pineli et al. (2015). Primeiramente, 500 mg de farinha foi incinerada em mufla a 550°C por 4 horas, as cinzas foram dissolvidas em 25 mL de solução de 0,1 mol de ácido nítrico. Após a filtração, o cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) foram determinados por Espectrometria de Emissão Atômica utilizando um Espectrômetro de Absorção Atômica (AAS-Vario 6, Analytik Jena). O fósforo foi determinado por colorimetria e o potássio por Fotômetro de Chama. As curvas padrão foram expressas em mg/100 g dos minerais correspondentes avaliados.

Os valores dos minerais, em mg L⁻¹ na amostra foi determinada pela Equação 8.

$$C = \frac{L \cdot b \cdot d}{v} \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

C= Concentração dos elementos;

L = leitura da amostra, mg/L;

b = volume do balão para o qual a cinza da amostra foi transferida, mL;

d = fator de diluição da amostra;

v = volume da amostra, mL.

4.2.2.9 *Microscopia eletrônica de varredura*

A análise microestrutural foi realizada no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução (LabMic), da Universidade Federal de Goiás, através do Microscópio Eletrônico de Varredura, Jeol®, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging. As amostras dos grãos e das farinhas pré-gelatinizadas foram previamente desengorduradas por extração em Soxhlet, colocadas sobre *stabs* de alumínio com fita dupla face e foram banhadas por fina camada de ouro (material eletricamente condutivo), permitindo o funcionamento do MEV, por emissão de feixes de elétrons com voltagem de aceleração de 5 kV por um filamento de tungstênio. As micrografias foram realizadas com aumentos de 500, 700 e 1500 x.

4.2.2.10 *Granulometria*

A análise granulométrica foi realizada para classificar os grãos do sorgo e a quirera de arroz, após isso foi realizada para as farinhas pré-gelatinizadas. Segundo Zanotto e Bellaver (1996), para determinar a classificação granulométrica, foi utilizado um equipamento agitador de peneiras com reostato ajustado em 7, composto por cinco peneiras com aberturas de diferentes diâmetros e o fundo, padrão ABNT, adaptadas conforme disponibilidade do laboratório, com 30, 50, 60, 120 e 300 mesh, com aberturas das malhas de 0,5; 0,3; 0,25; 0,125; 0,5 μm , respectivamente.

Para cada amostra foram peneiradas 100 g durante 10 minutos, as peneiras taradas previamente foram pesadas após a agitação para obtenção do peso da amostra retida em cada uma delas (Equação 9).

$$\text{PR}\% = \frac{(M_1 - M_2)}{M} \cdot 100 \quad (\text{Equação 9})$$

Em que:

PR % = porcentagem retida em cada peneira;

M1 = massa da peneira, mais a fração retida;

M2 = massa da peneira;

M = massa da amostra.

4.3 APLICAÇÃO DA FARINHA PRÉ-GELATINIZADA E ELABORAÇÃO DA SOPA INSTANTÂNEA – ANÁLISES

4.3.1. Delineamento Experimental da Sopa

No planejamento experimental, foi empregado o delineamento de misturas tipo Simplex Centroide de acordo com procedimentos descritos por Cornell (1973), ele foi aplicado para avaliar o efeito da farinha pré-gelatinizada de arroz (X1), da farinha pré-gelatinizada de sorgo (X2) e amido (X3), sobre as propriedades tecnológicas da sopa instantânea. O planejamento experimental com os teores determinados para cada ingrediente em concentração real (g do componente por 100 g de mistura) e pseudocomponentes estão representados na Tabela 1.

Tabela 1.Planejamento de misturas tipo Simplex Centroide da formulação da sopa.

Delineamento de Misturas - Simplex Centroide						
Ensaio	Arroz		Sorgo		Amido	
	Pseudo(X1)	Real (%)	Pseudo(X2)	Real (%)	Pseudo(X3)	Real (%)
1	1	80	0	10	0	10
2	0	10	1	80	0	10
3	0	10	0	10	1	80
4	0,5	45	0,5	45	0	10
5	0,5	45	0	10	0,5	45
6	0	10	0,5	45	0,5	45
7	0,333333	33,33333	0,333333	33,33333	0,333333	33,33333
8	0,666667	56,66667	0,166667	21,66667	0,166667	21,66667
9	0,166667	21,66667	0,666667	56,66667	0,166667	21,66667
10	0,166667	21,66667	0,166667	21,66667	0,666667	56,66667

Fonte: STATSOFT (2004).

$X1+X2+X3 = 1$ ou 100%

4.3.2. Composição Centesimal

A umidade foi determinada pelo método de secagem em estufa (105 ± 1 °C), conforme descrito no item 4.2.2.1 (AOAC, 2000). As cinzas foram determinadas de acordo com método AOAC 923.03, descrito no item 4.2.2.2. Os teores proteicos foram determinados por método quantitativo, obtidos por meio da análise de nitrogênio, descrito no item 4.2.2.3 (AOAC, 2006). O Extrato Etéreo (lipídios) foi extraído diretamente em Soxhlet pelo método AOAC 925.38, conforme descrito no item 4.2.2.4. Os carboidratos totais foram obtidos por diferença, conforme descrito no item 4.2.2.5 (Sniffen e Perez, 1992). O valor energético total (VET) dos produtos formulados foi estimado conforme a descrição do item 4.2.2.6 (MERRIL; WATT, 1973).

4.3.3. *Potencial hidrogeniônico*

A determinação do pH foi realizada de acordo o método de AOAC, com leitura direta em potenciômetro digital (PG 1800, Gehaka), foram utilizadas soluções tampão padrão de pH 4,0 e 7,0 para calibração do equipamento (AOAC, 2006).

4.3.4. *Acidez Total Titulável*

A acidez total titulável (ATT) foi determinada por titulação de NaOH 0,1 N até a solução atingir pH 8,1 em leitura no potenciômetro digital (PG 1800, Gehaka).

Foram utilizadas as soluções das amostras em água previamente preparada para a leitura do pH, a suspensão foi filtrada através de papel de filtro Whatman para remover o resíduo. O índice de acidez foi determinado pela Equação 10.

$$AT = \frac{V \cdot f \cdot N}{MA} \quad (\text{Equação 10})$$

Em que:

AT= Acidez titulável;

V = Quantidade de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação;

f = Fator de correção da solução de hidróxido de sódio;

MA = Massa da amostra em g;

N = Concentração da solução de hidróxido de sódio.

4.3.5 Índices de absorção e solubilidade em água

Foram avaliados os índices de absorção em água e índices de solubilidade em água, de acordo com Anderson et al. (1969), com adaptações. Foram pesados em tubos de ensaio 1,0 g de amostra, e adicionados 10 mL do solvente. O tubo foi agitado e em seguida essa solução foi transferida para um tubo de centrífuga. As soluções foram centrifugadas a 3000 rpm durante 40 minutos. O líquido sobrenadante foi transferido para cadinhos de alumínio e evaporado em banho-maria a 100 °C por duas horas, em seguida foram submetidas a secagem em estufa a 105 °C por três horas. O gel excedente no tubo da centrífuga foi pesado. O índice de absorção foi determinado a partir do resíduo da evaporação e do sobrenadante conforme Equação 11.

$$IA = \frac{MRC}{MA} \cdot MRE \cdot 100 \quad (\text{Equação 11})$$

Em que:

IA= Índices de absorção;

MRC= Massa do resíduo da centrífuga em gramas;

MA= Massa da amostra em gramas;

MRE= Massa do resíduo da evaporação em gramas.

Para determinar o índice de absorção de água (IAA) foi usada a relação entre a massa do resíduo da evaporação e a massa seca da amostra segundo a Equação 12.

$$IS = \frac{MRE}{MA} \cdot 100 \quad (\text{Equação 12})$$

Em que:

IS = Índice de solubilidade, %;

MA= Massa da amostra, g;

MRE= Massa do resíduo da evaporação, g.

4.3.6. Capacidade de absorção de óleo

A análise de capacidade de absorção de óleo (CAO) foi realizada de acordo com o procedimento de Anderson et al. (1969), através da adaptação da análise, e na utilização de água para o índice de absorção de água, foi substituída por óleo. Para o cálculo da capacidade de absorção de óleo, foi dividida a massa do resíduo da centrifugação pela massa da amostra em base seca, obtendo-se assim, a massa (g) de gel absorvido de óleo pela massa (g) de matéria seca.

4.3.7. Análise de cor

A determinação da cor foi realizada tanto para os grãos de sorgo, quirera de arroz, e suas respectivas farinhas pré-gelatinizadas, quanto para as formulações das sopas instantâneas.

A cor foi avaliada em colorímetro Hunter Lab, modelo Color Quest XE e os resultados foram expressos por parâmetros L^* , a^* , b^* . A luminosidade ou brilho (L^*) representa quão claro ou escuro é o produto, variando de preto (0) ao branco (100). Os valores das coordenadas de cromaticidade (a^*) variam do verde (-80) ao vermelho (100) e os valores de croma b^* variam do azul (-80) ao amarelo (70) (GLIEMMO et al., 2009). A partir dos resultados de a^* e b^* foram calculados os parâmetros de C^* (croma) para indicar a saturação da amostra, ou seja, para descrever o brilho da cor, além do ângulo Hue ($^{\circ}h$) para indicar a tonalidade das amostras, sendo definidos pelas equações 13 e 14, respectivamente (ABNT, 1992).

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Equação 13

$$^{\circ}h^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Equação 14}$$

Inicialmente, o instrumento foi calibrado com as placas branca e preta. As amostras foram colocadas na cubeta e posicionadas frente ao sensor ótico de 2,54 mm, realizando-se a leitura em cinco diferentes pontos de cada lado da cubeta e para três repetições de cada amostra, conforme o manual do equipamento (AACC, 2000; CIE, 2004).

4.3.8. *Análise Reológica*

A medida de viscosidade foi feita através da determinação das curvas de escoamento. Os ensaios foram realizados em um reômetro Physica MCR 101 (Anton Paar, Austria). As medidas foram feitas em triplicata, em geometria de Placa paralela de 50 mm de diâmetro (PP50), com temperatura controlada em 60° C por sistema Peltier e Gap de 2 mm (altura entre a geometria e a placa do reômetro). As amostras foram avaliadas 24 horas após o preparo. Utilizando um intervalo de taxa de deformação de 0 – 500 s⁻¹.

4.3.9. *Análises Microbiológicas*

Todas as análises microbiológicas foram determinadas segundo padrões estabelecidos pela Resolução - RDC nº 12, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001), e seguiram os procedimentos descritos pela *American Public Health Association* (APHA, 2001) para cada microrganismo analisado. As análises foram realizadas na amostra da melhor formulação determinada pelo teste de desejabilidade da sopa instantânea, que foi direcionada para análise sensorial. Foi

avaliado qualitativamente e quantitativamente o perfil microbiológico de *Bacillus Cereus* por grama de amostra, Coliformes termotolerantes (45°C) por grama de amostra e a ausência de *Salmonella* sp. em 25g (BRASIL, 2001).

4.3.10. Análise Sensorial

A análise sensorial de aceitação da sopa instantânea foi realizada com 50 provadores não treinados, de ambos os sexos, maiores de idade, sendo excluídos os pertencentes ao grupo de risco como alérgicos a qualquer um dos componentes presentes na amostra, gestantes, idosos e portadores de patologias relacionadas ao consumo do alimento; para avaliar os atributos de aparência, cor, aroma, textura, sabor e avaliação global, da sopa instantânea que foi selecionada pelo teste de desejabilidade. Foi utilizada a escala hedônica estruturada de 9 pontos, em que o 9 representa a nota máxima, “gostei muitíssimo”, e 1 a nota mínima “desgostei muitíssimo” (STONE e SIDEL, 1992). A intenção de compra do produto foi analisada com utilização da escala hedônica de 5 pontos, em que o 5 representa a nota máxima, “certamente compraria” e 1 a nota mínima, “certamente não compraria” (STONE e SIDEL, 1992).

Para participação na pesquisa todos os provadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE-Apêndice A), sob parecer de nº 70074717.9.0000.0036, submetido e aprovado no Comitê de Ética do IF Goiano.

A análise foi realizada no laboratório de análise sensorial do Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde. As amostras foram servidas em copos descartáveis, em porções de 25 mL com temperatura de aproximadamente 60°C.

4.3.11. Análise Estatística

As análises estatísticas da composição centesimal das matérias-primas e formulações experimentais da sopa instantânea e propriedades tecnológicas, foram realizadas por análise de variância (ANOVA), foi aplicado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em triplicata para cada amostra com três repetições e os valores médios avaliados seguidos do teste de médias de Tukey a 5% de significância.

Os dados foram expressos em tabelas, média \pm desvios-padrão. A execução da análise estatística dos resultados foi com o auxílio do software SISVAR[®] versão 6.0 (FERREIRA, 2003).

Para determinar a amostra mais desejada foi realizado o teste de desejabilidade, a partir da função *response desirability profiling* do software estatístico, para as variáveis índice de absorção em água, índice de solubilidade em água, cor (L*, a*, b*) e viscosidade em que formulação experimental selecionada apresenta maior índice de absorção e solubilidade em água, maior luminosidade, menores valores das coordenadas de cor a* e b* e maior viscosidade.

Foi utilizado para a determinação do delineamento experimental de mistura e o teste de desejabilidade o software STATISTICA versão 7.0 (Statsoft, Oklahoma, Tulsa, EUA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões foram apresentados na forma de três artigos científicos:

Artigo 1: Obtenção de Farinhas Pré-Gelatinizadas de Quirera de Arroz e de Grãos de Sorgo: Caracterização Centesimal, Físico-Química e Tecnológica.

Artigo 2: Aplicação de Farinhas Pré-Gelatinizadas de Arroz e de Sorgo na Elaboração de Sopas Instantâneas: Caracterização Centesimal, Qualidade Tecnológica, Microbiológica e Sensorial

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9 ed. Saint Paul, 2000.

ABDELGHAFOR, R.; MUSTAFA, A.; IBRAHIM, A.; KRISHNAN, P. G. Quality of bread from composite flour of sorghum and hard white winter wheat. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 9-15, 2011.

AL-MAMARY, M., AL-HABORI, M., AL-AGHBARI, A., AL-OBEIDI, A. In vivo effects of dietary sorghum tannins on rabbit digestive enzymes and mineral absorption. **Nutrition Research**. v. 21, p. 1393– 1401, 2001.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. **Trends in Food Science & Technology** 21(2):106-113. 2010.

ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN JUNIOR, L. Gelatinization of Corn Grits by Roll-and Extrusion-Cooking. **Cereal Science Today**, St. Paul, v.14, n.1, p. 4-12, 1969.

APHA. American public health association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**, Washington, ed. 4, p. 676, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Especificações de cores de acordo com o sistema de notação Munsell - NBR 12694**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: A.O.A.C. 17th ed., 2000.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, v. 65, n. 9, p. 1199-1221, 2004.

AWIKA, J. M.; MCDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Decorticating Sorghum To Concentrate Healthy Phytochemicals. **J. Agric. Food Chem.** v. 53, p. 6230-6234, 2005.

AWIKA, J. M.; YANG, L.; BROWNING, J. D.; FARAJ, A. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. **LWT - Food Science and Technology**. v. 42, p. 1041–1046, 2009.

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

BASTOS, G. M. **Resíduos da industrialização de batata: aplicação na produção de farinhas, snacks, farinhas pré-gelatinizadas e massa alimentícia fresca sem glúten**. 2012. 215 f. Dissertação – (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

BECKER, F. S. **Caracterização de farinhas cruas e extrusadas obtidas a partir de grãos quebrados de diferentes genótipos de arroz**. 2010. 76 f. Dissertação - (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília 10 jan. 2001.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 229, de 28 de agosto de 2003. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Sopa**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, 01 set. 2003.

CARR, T. P.; WELLER, C. L.; SCHLEGEL, V. L.; CUPPETT, S. L.; et al. Grain Sorghum Lipid Extract Reduces Cholesterol Absorption and Plasma Non-HDL Cholesterol Concentration in Hamsters. **J. Nutr.** v. 135, p. 2236-2240, 2005.

CARVALHO, A. V.; RIOS, A. O.; BASSINELLO, P. Z.; FERREIRA, T. F. Efeito dos parâmetros de extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas de farinhas pré-cozidas elaboradas com arroz e feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 4, out.-dez. 2012.

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

CARVALHO, W. T.; REIS, R. C.; VELASCO, P.; JÚNIOR, M. S. S.; BASSINELLO, P. Z.; CALIARI, M. Características Físico-Químicas de Extratos de Arroz Integral, Quirera de Arroz e Soja. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 422-429, jul./set. 2011.

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

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

CAVENDER, G., LIU, M., HOBBS, D., FREI, B., STRIK, B., & ZHAO, Y. Effects of different organic weed management strategies on the physicochemical, sensory, and antioxidant properties of machine-harvested blackberry fruits. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 10, p. 2107 - 2116, 2014.

CIACCI, C.; MAIURI, L.; CAPORASO, N.; BUCCI, C.; GIUDICE, L.; MASSARDO, D. R.; et al Celiac disease: In vitro and in vivo safety and palatability of wheat-free sorghum food products. **Clinical Nutrition**. v. 26, p. 799–805, 2007.

CIE- Commission Internationale de l'Eclairage. Colorimetry Publication CIE 15. 3 ed. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Eclairage, 2004.

CHAIYAKUL, S.; JANGCHUD K.; JANGCHUD, A.; WUTTIJUMNONG, P.; WINGER, R. Effect of extrusion conditions on physical and chemical properties of high protein glutinous rice-based snack. **Journal of Food Science and Technology**, London, v. 42, n. 3, p. 781-787, 2009.

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

CLIFF, M.; HEYMANN, H. Development and use of time-intensity methodology for sensory evaluation: a review. **Food Research International**, Barking, v. 26, n. 5, p. 375-385, 1993

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do arroz**. Brasília: Conab, 2015. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> > Acesso em: 14 nov. de 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento, agosto 2017**. Brasília: Conab, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_10_11_27_12_boletim_graos_agosto_2017.pdf>. Acesso em: 24 out. de 2017.

CORNELL, J. A. Experiments with mixtures: A review. **Technometrics**, Boston, v. 15, n. 3, p. 437-455, 1973.

COUTINHO, L. S. **Propriedades físicas de snacks e farinhas pré-gelatinizadas de coprodutos de arroz e soja em função das variáveis de extrusão**. 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

DE PENNA, E.W. Metodos sensoriales y sus aplicaciones. In: ALMEIDA, T.C.A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M.H.; SOILVA, M.A.A.P. **Avanços em análise sensorial**. São Paulo: Varela, 1999. p. 13-22.

DICKO, M.H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; BERKEL, W. J. H. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **Afr. J. Biotechnol.** v. 5 (5), p. 384-395, 2006.

DINGSTAD, G. I.; WESTAD, F.; NAES, T. Three case studies illustrating the properties of ordinary and partial least squares regression in different mixture models. **Chemometrics and intelligent laboratory systems**, v. 71, p. 33-45, 2004.

DYKES, L. e ROONEY, L. W. (2006). Sorghum and millet phenols and antioxidants. **Journal of Cereal Science**, 44, 236-251.

EMBRAPA. Agroindústria de Alimentos. Processo de extrusão de alimentos: Aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal. Rio de Janeiro, 2011.

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

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food Outlook**, 2017. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-I8080e.pdf> > Acesso em: 24 out. de 2017.

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

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

FERREIRA D.F. **Programa SISVAR: sistema de análise de variância: versão 4,6 (Build 6,0)**. Lavras: DEX/UFL (2003).

GLIEMMO, M.F.; LATORRE, M.E.; GERSCHENSON, L.N.; CAMPOS, C.A. Color stability of pumpkin (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) puree during storage at room temperature: Effect of pH, potassium sorbate, ascorbic acid and packaging material. **LWT - Food Science and Technology**. Volume 42, Issue 1, Pages 196-201, 2009.

GONZÁLEZ, R.J.; CAVADA, E.P.; PEÑA, J.V.; TORRES, R.L.; DE GREEF, D.M.; DRAGO, S.R. Extrusion conditions and amylose content affect physicochemical properties of extrudates obtained from brown rice grains. **International Journal of Food Science**, 2013.

GUERREIRO, L. **Produtos Extrusados para consumo humano, animal e industrial**. REDETEC – Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2007.

GÜLÇİN, I.; HUYUT, Z.; ELMASTAS, M.; ABOUL-ENEIN, H.Y. Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. **Arabian Journal of Chemistry**. v. 3, p. 43–53, 2010.

HAGENIMANA, A.; DING, X.; FANG, T. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking, **Journal of Cereal Science**, London, v. 43, n. 1, p. 38–46, 2006.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, v.30, n.1, p.1-81. Janeiro, 2017. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201701.pdf > Acesso em: 29 out. de 2017.

JADHAV, M. V.; ANNAPURE, U. S. Effect of extrusion process parameters and particle size of sorghum flour on expanded snacks prepared using different varieties of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Journal of Agricultural Science and Technology B**, v. 3, p. 71-85, 2013.

JESUS, R. P. **Produção de Sopa Instantânea com Resíduos de Tabaqui (*Colossoma Macropomum*)**. 2015. 66 f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B.; NGUYEN, N. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, Rome, v. 51, n. 1, p. 33-42, 2002.

LAKSHMI, K.B.; VIMALA, V. Hypoglycemic effect of selected sorghum recipes. **Nutrition Research**. V. 16 (10), p. 1651- 1658, 1996.

LEMOS, M. R. B.; SIQUEIRA, E. M. DE. A. ARRUDA, S. F. A.; ZAMBIAZI, R. C. The effect of roasting on the phenolic compounds and antioxidant potential of baru nuts [*Dipteryx alata* Vog.]. **Food Research International**, v. 48, n.2, p. 592–597, 2012.

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

LIMBERGER, V. M.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L.D.; EMANUELLI, T.; BRUM, F.B.; SILVA, L.P.; Produção de extrusado de quirera de arroz para uso na indústria de alimentos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2590-2594, dez, 2009.

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

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; LEITE, T. D.; FRANCO, C. M. L.; MISCHAN, M. M. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeito das condições de extrusão sobre as propriedades térmicas e de pasta. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá, v. 31, n. 2, p. 231-238, 2009.

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

Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

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

MARTÍNEZ, B.F; PAU, C. L. Extrusión de sorgo integral y decorticado. **Agronomía mesoamericana**. v 3, p. 40-44, 1992.

MARTINO, H. S. D.; TOMAZ, P. A.; MORAES, É. A.; CONCEIÇÃO, L. L.; OLIVEIRA, D. S.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUES, J. A. S.; PIROZI, M. R.; PINHEIRO-SANT`ANA, H. M.; RIBEIRO, S. M. R. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Rev Inst Adolfo Lutz**, 71(2), pp. 337-44, 2012.

MEHMOOD, S.; ORHAN, I.; AHSAN, Z.; ASLAN, S.; GULFRAZ, M. Fatty acid composition of seed oil of different Sorghum bicolor varieties. **Food Chemistry**, Barking, v. 109, n. 4, pp. 855-859, 2008.

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington, DC: US Department of Agriculture, 1973 (Agriculture Handbook, 74).

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Projeções do Agronegócio. Brasília-DF. Agosto, 2017. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf> >. Acesso em: 11 nov. de 2017.

MINISTÉRIO DE ESTADO DA AGRICULTURA. **Classificação, embalagem e marcação do arroz**. Portaria Nº 269, DE 17 DE NOVEMBRO DE 1988.

MOURA, C. M. A. **Qualidade de farinhas pré-gelatinizadas e macarrões formulados com arroz (*Oryza sativa* L.) e linhaça (*Linum usitatissimum* L.)**. 2011. 178 f. Dissertação – (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

MUTISYA, J.; SUN, C.; ROSENQUIST, S.; BAGUMA, Y.; JANSSON, C. Diurnal oscillation of SBE expression in sorghum endosperm. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 166, p. 428-434, 2009.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. Avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 438-452, 2004.

NIBA, L. L.; HOFFMAN, J. Resistant starch and b-glucan levels in grain sorghum (*Sorghum bicolor* M.) are influenced by soaking and autoclaving. **Food Chemistry**, v. 81, pp. 113–118, 2003.

NICOLETTI, A. M. **Enriquecimento nutricional de macarrão com uso de subprodutos agroindustriais de baixo custo**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria.

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

PINELI, L. de. L. de. O.; CARVALHO, M. V. de.; AGUIAR, L. A. de.; OLIVEIRA, G. T. de.; CELESTINO, S. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; CHIARELLO, M. D. Use of baru (Brazilian almond) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. *Food Science and Technology*, v. 60, n.1, p. 50-55, 2015.

QUEIROZ, V. A. V.; MORAES, E. A.; SCHAFFERT, R. E.; MOREIRA, A. V.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Potencial funcional e tecnologia de processamento do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) moench], na alimentação humana. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.3, pp. 180-195, 2011.

QUEIROZ, V. A. V.; MORAES, E. A.; MARTINO, H. S. D.; PAIVA, C. L.; MENEZES, C. B. Sorgo: inovações tecnológicas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, n.278, p.7-12, jan./fev. 2014.

QUEIROZ, V. A. V.; MENEZES, C. B.; BARROS, F. A. R.; MARTINO, H. S. D. O Sorgo na Alimentação Humana. **Embrapa Milho e Sorgo**. Brasília, 2015.

RAGAEI, S., ABDEL-AAL, E.-S. M., & NOAMAN, M. (2006). Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. **Food Chemistry**, 98(1), 32–38.

RATNAVATHI, C.; PATIL, J. Sorghum utilization as food. **Journal Nutrition and Food Science**, v. 4, n. 247, p. 2, 2013.

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

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

SANTOS, A. P.; REBOUÇAS, T. N. H.; SOUZA, J. C. C.; BONOMO, R. C. F.; SILVA, L. M. Caracterização e Avaliação da Qualidade de Sopas Desidratadas Elaboradas com Farinha de Batata Durante o Tempo de Armazenamento. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 57-68, jan./jun. 2010.

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

SCHOUEENLECHNER, R.; DRAUSINGER, J. Plant Foods Hum Nutr, Ciudad del Mexico, v. 65, n. 47, p. 339–349, 2010.

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

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

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

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Composição Centesimal E Perfil de Aminoácidos de Arroz e Pó de Café. **Alim. Nutr.** Araraquara v.18, n.3, p. 325-330, jul./set. 2007.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Composição química de farinhas pré-cozidas por extrusão elaboradas com arroz e café torrado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 67, n. 1, p. 52-58, 2008.

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

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

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

SINGH, J. M.; KAUR. L.; MCCARTHYB, O. J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications - A review. **Food Hydrocolloids**, London, v. 21, n. 1, p. 1-22, 2007.

SIQUEIRA, A. P. S; PACHECO, M. T. B; NAVES, M. M. V. Nutritional quality and bioactive compounds of partially defatted baru almond flour. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 1, p. 127-132, 2015.

SNIFFEN, C.J.; PEREZ, V. D. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, n.11, p. 3562-3577, 1992.

SOQUETTA, M. B; STEFANELLO, F. S; HUERTA, K. da. M; MONTEIRO, S. S; ROSA, C. S. da; TERRA, N. N. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**, v.199, n.1, p. 471–478, 2016.

SOUZA, G. F. M.V.; SANTOS, C. M.; SANTANA, D. G.; JÚNIOR, A. S. Armazenamento de sementes de sorgo submetidas a diferentes graus de umidade de colheita. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 30, n. 4, p. 745-752, 2009.

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

STEFOSKA-NEEDHAM, A., BECK, E. J., JOHNSON, S. K., & TAPSELL, L. C. (2015). Sorghum: an underutilized cereal whole grain with the potential to assist in the prevention of chronic disease. **Food Reviews International**, 31(4), 401–437.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Sensory evaluation practices. Florida, Academic Press, Cap. 7, p. 227–252, 1992.

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

SVENSSON, L., SEKWATI-MONANG, B., LUTZ, D. L., SCHIEBER, A., & GANZLE, M. G. (2010). Phenolic acids and flavonoids in nonfermented and fermented red sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 58(16), 9214–9220.

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

TEIXEIRA, L. J. Q. **Aplicação de campos elétricos pulsados de alta intensidade no processamento de suco de cenoura**. 2008. 168 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

TI, H.; ZHANG, R.; ZHANG, M.; WEI, Z.; CHI, J.; DENG, Y.; ZHANG, Y. Effect of extrusion on phytochemical profiles in milled fractions of black rice. **Food Chemistry**, v.178, p.186–194, 2015.

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

USDA. National Nutrient Database for Standard Reference. Release 24. 2011 Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl>. Acesso em: 14 nov. de 2016.

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

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

WINGER, M.; KHOURYIEH, H.; ARAMOUNI, F.; HERALD, T. Sorghum flour characterization and evaluation in gluten-free flour tortilla. **Journal of Food Quality**, v. 37, n. 2, p. 95-106, 2014.

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

YANG, L.; BROWNING, J. D.; AWIKA, J. M. Sorghum 3-Deoxyanthocyanins Possess Strong Phase II Enzyme Inducer Activity and Cancer Cell Growth Inhibition Properties. **J. Agric.Food Chem.** v. 57, p. 1797–1804, 2009.

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

CAPÍTULO II

5.1 ARTIGO 1 - OBTENÇÃO DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS DE QUIRERA DE ARROZ E DE GRÃOS DE SORGO: CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL, FÍSICO-QUÍMICA E TECNOLÓGICA

RESUMO

O processo de extrusão é um cozimento industrial que combina alta pressão, calor e força mecânica em um curto período de tempo, provocando mudanças químicas e físicas no produto. O processo de pré-gelatinização do amido, obtido por meio da extrusão, amplia as possibilidades de elaboração de novos produtos e proporciona melhorias no processamento de alguns alimentos. Assim, este trabalho teve como objetivo estudar a composição centesimal, propriedades físicas, químicas e tecnológicas das farinhas pré-gelatinizadas de arroz e de sorgo, a partir da quirera de arroz e dos grãos de sorgo, em função do processo de extrusão. Não houve diferença significativa entre os teores de proteínas da QA e FPG Arroz, e QS e FGP Sorgo. Observou-se o aumento do pH para ambas as amostras, com o processo de extrusão. As farinhas pré-gelatinizadas de arroz apresentaram melhores características tecnológicas de solubilidade em água e absorção em água e óleo em relação as farinhas pré-gelatinizadas de sorgo. Pôde-se perceber que ao se passar de QA para FPG, e de QS para FPGS, houve diminuição significativa no parâmetro L*, ou seja, as farinhas pré-gelatinizadas tornaram-se mais escuras. Com o processo de extrusão, foi possível observar que ocorrem diversas mudanças químicas e bioquímicas nos componentes dos grãos de sorgo e de arroz, propiciando interações e transformações de estrutura, como a pré-gelatinização do amido que resulta em aumento da absorção e solubilidade em água, maior viscosidade, mudanças de cor, o que influencia diretamente nas propriedades tecnológicas das farinhas pré-gelatinizadas que foram produzidas, sugerindo grande potencial de aplicação destas farinhas na elaboração de novos produtos alimentícios sem de glúten.

Palavras-chave: Quirera de Arroz. Sorgo. Farinha Pré-Gelatinizada.

5.1. ARTICLE 1 - OBTAINING PRE-GELATINIZED FLOURS FROM QUIRERA DE ARROZ AND SORGO GRAINS: CENTESIMAL, PHYSICAL-CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION

ABSTRAT

The extrusion process is an industrial baking that combines high pressure, heat and mechanical strength in a short period of time, causing chemical and physical changes in the product. The process of pregelatinization of the starch, obtained by means of extrusion, increases the possibilities of elaboration of new products and provides improvements in the processing of some foods. Thus, the objective of this work was to study the chemical composition, physical, chemical and technological properties of pregelatinized flours (PGF) of rice and sorghum, from rice (RG) and sorghum (SG) grains, as a function of the extrusion process. There was no significant difference between the protein contents of the RG and PGF Rice, and SG and PGF Sorghum. The pH increase for both samples was observed with the extrusion process. PGF rice presented better technological characteristics of water solubility and absorption in water and oil in relation to PGF sorghum. It was possible to notice that when going from RG to PGF rice, and from SG to PGF sorghum, there was a significant decrease in the parameter L^* , that is, the pregelatinized flours became darker. With the extrusion process, it was possible to observe that several chemical and biochemical changes occur in the sorghum and rice grains components, providing interactions and structure transformations, such as pregelatinization of the starch resulting in an increase in the absorption and solubility in water, higher viscosity, color changes, that directly influence the technological properties of the produced pregelatinized flours, which suggests a great potential of the use of these flours in the elaboration of new food products without gluten.

Key words: Rice grits. Sorghum. Pregelatinized Flour.

5.1.1 INTRODUÇÃO

A utilização da quirera de arroz, ainda, é pouco explorada no Brasil, sendo então destinada para a alimentação animal. Porém, quando esta quirera é obtida com boas práticas de fabricação, pode ser empregada na alimentação humana. Dessa forma, os grãos quebrados vêm sendo, pouco a pouco, utilizados na produção de farinha de arroz para servir de ingrediente de cereais matinais, produtos hipoalergênicos, fórmulas infantis, alimentos com baixa caloria e fonte de amido, devido seu alto poder fermentativo, em função do elevado teor de amido (SOARES JUNIOR et al., 2010).

A partir da quirera de arroz, podem ser obtidos vários novos produtos ou ingredientes como por exemplo, farinhas pré-gelatinizadas, farinhas torradas, farinhas modificadas por enzimas e farinhas lácteas (BECKER, 2010; TAVARES et al., 2012; FERREIRA, 2012).

No Brasil, o cultivo de sorgo visa principalmente a produção de grãos, para suprir a demanda das indústrias de ração animal ou como forragem, para alimentação de ruminantes, sendo que, praticamente, não há consumo desse cereal na alimentação humana (QUEIROZ et al., 2014).

O processo de extrusão é um cozimento industrial que combina alta pressão, calor e força mecânica em um curto período de tempo, provocando mudanças químicas e físicas. Além disso, a extrusão tem sido usada para o desenvolvimento novos produtos usando misturas e ingredientes que seguem um crescimento contínuo do mercado de alimentos (TOVAR-JIMÉNEZ et al., 2015).

O processo de pré-gelatinização do amido, obtido por meio da extrusão, amplia as possibilidades de elaboração de novos produtos e proporciona melhorias no processamento de alguns alimentos. A farinha pré-gelatinizada é obtida por meio do processo de extrusão e possibilita a produção de alimentos instantâneos como sopas e sobremesas, além de utilização como ingredientes para produtos como biscoitos e massas (LACERDA et al., 2010).

O amido é um macronutriente presente em diversos alimentos e sua propriedade e capacidade de interagir com outros constituintes, principalmente em água e lipídios, são de grande utilidade para indústria e para nutrição humana (COPELAND et al., 2009; WANG et al., 2014).

Os amidos quando são submetidos ao processo de extrusão sofrem desarranjo na estrutura molecular, perda de cristalinidade e ruptura das ligações de hidrogênio,

causando esterilização, secagem e reestruturação da matéria-prima em consequência da combinação das variáveis do processo, desenvolvendo novos produtos, porém com diversas características (FIORDA et al., 2015).

A observação da microestrutura dos alimentos é de suma importância para se compreender suas propriedades, podendo assim descrever, prever e controlar seu comportamento e a organização de seus componentes. Para compreender essas relações entre estrutura e propriedade são utilizadas técnicas de análise de microestrutura como a microscopia eletrônica de varredura (MEV) (FANTE, 2011).

Um dos grandes objetivos das indústrias alimentícias, tem sido a busca por melhores condições tecnológicas e melhores condições para o controle do processamento a fim de conseguir produtos de melhor qualidade, com o intuito de se obter a praticidade do mundo atual e a preservação das qualidades sensoriais do produto a ser consumido.

Assim, este trabalho teve como objetivo estudar a composição centesimal, propriedades físico-químicas, de solubilidade em água, absorção em água e óleo, granulometria, microestrutura e cor das farinhas pré-gelatinizadas de arroz e de sorgo, a partir da quirera de arroz e dos grãos de sorgo, em função do processo de extrusão.

5.1.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.1.2.1 Obtenção das matérias-primas

As amostras do coproduto da industrialização de arroz, a quirera foi doada pela empresa Cristal Alimentos Ltda., localizada em Aparecida de Goiânia-GO. Os grãos de sorgo vermelho foram doados pela empresa Atlântica Sementes, situada na cidade de Rio Verde-GO. Os grãos de sorgo foram devidamente limpos de forma manual, para a remoção de sujidades, após isso os grãos foram triturados, obtendo assim a quirera de sorgo, em moinho de facas (TRAPP, TRF90 Júnior, Jaraguá do Sul-SC, Brasil), com peneira de 5 mm.

5.1.2.2 *Processo de Extrusão*

Após a obtenção, as matérias-primas passaram pelo processo de ajuste do teor de umidade, para 15%, a água foi adicionada com auxílio de um pulverizador, as amostras ficaram acondicionadas sob refrigeração ($4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) por 24 horas. O processo de extrusão ocorreu no dia seguinte ao ajuste da umidade.

A quirera de arroz e os grãos quebrados de sorgo foram processados em extrusora termoplástica (Inbramaq, PQ 30, Ribeirão Preto, Brasil). A alimentação da extrusora foi realizada por um silo com o sistema de dosagem por gravidade. Foram fixados os parâmetros: taxa de compressão da rosca de 3:1, taxa de alimentação de $350\text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$, abertura da matriz com diâmetro de 4 mm, temperatura na primeira, segunda e terceira zona de aquecimento em 40°C , 60°C e 90°C respectivamente, rotação da rosca de 250 rpm. Esse processo foi realizado no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Agroindustriais (Labdarsa), da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Após o processo de extrusão os produtos obtidos foram moídos para a obtenção da farinha pré-gelatinizada, os grânulos foram padronizados com aproximadamente 0,5mm (35 *mesh*).

5.1.2.3 *Análises Químicas*

As farinhas pré-gelatinizadas e suas respectivas matérias-primas foram avaliadas quanto à composição centesimal. As análises foram realizadas com três repetições de cada experimento em triplicata para cada amostra. Foram determinados, a umidade pelo método 44-15 A (AACC, 2000), cinzas pelo método 923.03 (AOAC, 2000), lipídios pelo método 925.38 (AOAC, 2000), teor de proteínas pelo método 46-12 (AACC, 2000), os carboidratos totais foram calculados por diferença (SNIFFEN e PEREZ, 1992) e o valor energético total determinado através do uso dos teores de carboidratos, proteínas e lipídios (MERRIL; WATT, 1973).

As análises físico químicas de potencial hidrogeniônico (PG 1800, Gehaka) e acidez total titulável também foram realizadas para as farinhas pré-gelatinizadas, conforme a AOAC, 2006.

5.1.2.4 *Análises Físicas*

O procedimento de realização da análise granulométrica se deu conforme Zanotto e Bellaver (1996).

As micrografias dos grãos e das farinhas pré-gelatinizadas, com aumentos entre 43, 500, 700 e 1500 x, foram obtidas no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução, do Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás (IF/UFG). Foi utilizado um Microscópio Eletrônico de Varredura, Jeol®, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging.

As amostras dos grãos e das farinhas pré-gelatinizadas foram previamente desengorduradas por extração em Soxhlet, colocadas sobre *stabs* de alumínio com fita dupla face, e foram banhadas por fina camada de ouro (material eletricamente condutivo), que permite o funcionamento do MEV, por emissão de feixes de elétrons com voltagem de aceleração de 5 kV por um filamento de tungstênio.

Foram estabelecidos os parâmetros instrumentais de cor L*, a*, b* determinados segundo o sistema CIELab com uso de colorímetro Hunter Lab, modelo Color Quest XE (HUNTERLAB, 1998; ABNT, 1992; AACC, 2000; CIE, 2004).

5.1.2.5 *Análises Tecnológicas*

O índice de absorção de água (IAA) e de solubilidade em água (ISA) foram determinados conforme metodologias descritas por Anderson et al. (1969).

A análise de capacidade de absorção de óleo (CAO) foi realizada segundo o método de Anderson et al. (1969), através da adaptação da análise, em que a água foi substituída por óleo.

5.1.2.6 *Análise Estatística*

Os resultados foram analisados utilizando software estatístico SISVAR® versão 6.0. Os resultados foram expressos como média \pm desvios-padrão em tabelas. As análises foram realizadas em triplicata e os valores médios avaliados por análise de variância

(ANOVA) seguida do teste de médias de Tukey a 5% de significância (FERREIRA, 2003).

5.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a obtenção das farinhas pré-gelatinizadas (FPG) de arroz e sorgo, partiu-se da quirera de arroz (QA) e da quirera de sorgo (QS). Sendo assim, fez-se um comparativo em termos de componentes centesimais entre esses dois produtos (Tabela 2). Assim verificaram-se as modificações químicas que acontecem com os grãos quebrados de arroz após o processo de extrusão termoplástica.

Tabela 2. Caracterização Físico-Química dos Grãos de Sorgo, da Quirera de Arroz, e das Farinhas Pré-Gelatinizadas de Sorgo e de Arroz.

Parâmetros	QA	QS	FPG Arroz	FPG Sorgo	CV(%)
Umidade (g.100g ⁻¹)	10,22 ^a	9,04 ^b	3,95 ^d	6,04 ^c	0,72
Cinzas (g.100g ⁻¹)	0,40 ^b	1,33 ^a	0,38 ^c	1,31 ^a	0,86
Lipídios (g.100g ⁻¹)	0,49 ^c	2,31 ^a	0,44 ^c	2,21 ^b	1,35
Proteínas (g.100g ⁻¹)	7,16 ^b	10,51 ^a	6,90 ^b	10,72 ^a	1,72
Carboidratos (g.100g ⁻¹)	81,70 ^b	76,79 ^d	88,22 ^a	79,70 ^c	0,15
pH (g.100g ⁻¹)	6,26 ^b	6,26 ^b	6,33 ^a	6,36 ^a	0,29
Acidez Total Titulável (g.100g ⁻¹)	0,98 ^b	1,21 ^a	1,37 ^a	1,14 ^a	7,90
Sólidos Solúveis (°Brix)	0,2 ^d	0,5 ^c	3,3 ^a	1,5 ^b	4,22
Valor Energético Total (kcal.100g ⁻¹)	359,943	370,083	384,879	381,633	

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem entre si, conforme teste de médias Tukey, a 5% de significância. CV: coeficiente de variação.

Na quirera de arroz e na quirera de sorgo, foram encontrados para o teor de umidade os percentuais de 10,22 g.100g⁻¹ e de 9,04 g.100g⁻¹, respectivamente e após o processo de extrusão esse percentual reduziu e passou a ser de 3,95 g.100g⁻¹ para a FPG de Arroz e de 6,04 g.100g⁻¹ para a FPG de Sorgo, com diferença significativa. Este resultado era esperado, pois, após o intumescimento dos grânulos de amido durante o processo de extrusão ocorre a vaporização da água na saída da matriz, com consequente expansão pela diferença de temperatura e pressão, e justifica a redução da umidade.

A legislação brasileira delimita a umidade máxima de 15% para farinhas, amido de cereais e farelos (BRASIL, 2005), significando que os grãos de arroz e os grãos de sorgo e as farinhas pré-gelatinizadas estudadas estão de acordo a legislação vigente apresentando valores de umidade inferiores a estes limites.

A análise da composição centesimal dos grãos e das farinhas pré-gelatinizadas é de grande importância para a avaliação das suas qualidades nutricionais e como poderão ser utilizadas como alimento, além de seus benefícios para a saúde, estas avaliações ajudam a compreender as mudanças que ocorrem no processamento que transforma a farinha de um grão em um alimento, aumentando o valor comercial desse produto (DONKOR et al., 2012).

Farinhas de arroz foram caracterizadas para a produção de farinha pré-gelatinizada a partir de extrusão termoplástica e apresentaram valores de 12,88 g.100g⁻¹, 0,27 g.100g⁻¹, 7,56 g.100g⁻¹, 0,82 g.100g⁻¹ e 78,97 g.100g⁻¹ para umidade, cinzas, proteína, lipídios e carboidratos, respectivamente (CLERICI e EL-DASH, 2008).

Para a farinha pré-gelatinizada de arroz, foram encontrados os valores para proteínas de 8,21 g.100g⁻¹, 1,52 g.100g⁻¹ de cinzas, 1,52 g.100g⁻¹ de lipídios e 72,32 g.100g⁻¹ de carboidratos (AUGUSTO-RUIZ et al., 2003). Estudos apresentaram valores de 8,35 g.100g⁻¹ para proteína, 0,41 g.100g⁻¹ para cinzas, 0,34 g.100g⁻¹ para lipídios e 90,72 g.100g⁻¹ para carboidratos para farinha pré-gelatinizada de arroz (DORS; CASTIGLIONE; AUGUSTO-RUIZ, 2006). As diferenças apresentadas entre este estudo e os demais podem ser justificadas pelas diferentes condições de extrusão, tais como temperatura das três zonas de aquecimento, velocidade e tipo de rosca utilizada, umidade inicial da amostra bem como sua granulometria. A correspondência desses fatores com componentes como proteínas e cinzas se deve ao fato de que as condições de processamento interferem na quantidade de água retirada do extrusado, que por sua vez implica na maior ou menor concentração dos compostos citados.

Para a quirera de sorgo foram encontrados 1,33 g.100g⁻¹ de cinzas, 2,31 g.100g⁻¹ de lipídios, 10,51 g.100g⁻¹ de proteínas e 76,79 g.100g⁻¹ de carboidratos e para a farinha pré-gelatinizada de sorgo 1,31 g.100g⁻¹ de cinzas, 2,21 g.100g⁻¹ de lipídios, 10,72 g. 100g⁻¹ de proteínas e 79,70 g.100g⁻¹ de carboidratos, quando comparado com a literatura os resultados foram semelhantes aos encontrados. Observou-se variação nos valores da farinha pré-gelatinizada em relação das proteínas e carboidratos, esse aumento pode ser explicado pelo fato de o processo de extrusão combinar alta pressão e calor o que causaria a concentração dos outros componentes quando se retira água do produto.

Carvalho et al. (2014) encontraram para os grãos de sorgo vermelho 13,96 g.100g⁻¹ de umidade, 1,76 g.100g⁻¹ de cinzas, 9,55 g.100g⁻¹ de proteínas, 2,96 g.100g⁻¹ de lipídeos, 70,13 g.100g⁻¹ de carboidratos.

Foram realizados estudos em oito diferentes genótipos de sorgo, a partir disto foram encontrados para a umidade 11,25-12,85 g.100g⁻¹, proteína 8,5-11,97 g.100g⁻¹, lipídeos 1,24-3,07 g.100g⁻¹ e cinzas 1,23-1,93 g.100g⁻¹ (CONCEIÇÃO et al., 2009).

Em comparação aos autores já citados, este trabalho apresentou para os grãos de sorgo menor teor de umidade, menor teor de lipídeos e menor teor de cinzas, para o teor de proteínas o valor encontrado é aproximado aos referenciados.

Em um estudo realizado das propriedades físico-químicas e digestibilidade de amido de farinhas de sorgo, milho, quinoa e amaranto, foram obtidos os seguintes resultados de composição centesimal para sorgo vermelho expressos em g/100g: umidade 7,5, proteína 9,8 e lipídeos 3,7 (SRICHUWONG et al., 2017).

O teor de proteína do sorgo para os diversos autores variou de 9,55 g.100g⁻¹ a 12,85 g.100g⁻¹, já o valor encontrado neste trabalho para a QS foi de 10,51 g.100g⁻¹ e para a FPG Sorgo foi de 10,72 g.100g⁻¹. Pode-se perceber que é um valor próximo ao valor máximo da faixa de comparação, mas alguma variação é esperada pela diversidade genética das cultivares utilizadas nos estudos.

Em relação ao teor de proteína, não houve diferença significativa para a QA e FPG Arroz, e QS e FPG Sorgo. Já para o teor de lipídios houve diferença significativa em relação as quireras e as farinhas pré-gelatizadas, isto pode ser explicado pelo fato de que a combinação de umidade, temperatura e força mecânica causa a hidrólise das moléculas lipídicas e aumentam a taxa de complexação de hidrocarbonetos com os aminoácidos hidrofóbicos das cadeias laterais das proteínas desnaturadas durante o processo (ASP; BJÖRCK, 1989).

Comparando-se a composição centesimal da QA e da FPG Arroz, pode-se dizer que as cinzas mudaram significativamente após o processo térmico. Já as cinzas da QS e da FPG Sorgo não sofreram diferença significativa, tal fato provavelmente ocorreu devido as cinzas serem resíduos inorgânicos remanescentes da queima de matéria orgânica. Podem não ter necessariamente a mesma composição que a matéria mineral original do alimento, por perdas referentes à volatilização ou qualquer interação entre os constituintes das amostras, porém se modificam significativamente durante o processamento (CECCHI, 2003).

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

Em relação aos níveis de acidez da QA e da FPG Arroz, observa-se na Tabela 2, que a extrusão provocou aumento significativo nas amostras QA (0,988 meq NaOH.100 g⁻¹) e FPG Arroz (1,370 meq NaOH.100 g⁻¹). Já nas QS e FPG Sorgo não houve diferença significativa entre as amostras para o nível de acidez.

A Resolução nº 12 de 1978 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), estabelece um limite máximo de 3% de acidez para a farinha de trigo comum (ANVISA, 1978). Comparando as farinhas pré-gelatinizadas de sorgo e arroz com a farinha de trigo comum, observa-se que as farinhas pré-gelatinizadas deste estudo apresentam valores inferiores de acidez, que podem ser considerados satisfatórios.

Os níveis de acidez de um alimento podem ser resultantes de compostos naturais presentes no alimento, bem como pode ser proveniente do processo de fermentação, deterioração ou efeito do processamento pelo qual o alimento foi submetido (FERNANDES et al., 2008).

O pH das amostras QA (6,26), FPG Arroz (6,33), QS (6,26) e FPG Sorgo (6,36), (Tabela 2) foram diferentes entre si. Observou-se o aumento do pH para ambas as amostras, com o processo de extrusão. Estes resultados demonstraram que com a extrusão, o aumento da temperatura e a diminuição da umidade as farinhas se tornam mais ácidas.

De acordo com a literatura as soluções com pH < 7 a 25°C são ácidas, e pH > 7 são básicas, e pH igual a 7 são neutras (KOTZ et al., 2012). Os valores de pH das amostras de QA e FPGA mostraram-se entre 6,26 - 6,33 e das QS e FPGS entre 6,26 - 6,36, portanto apresentaram pH ligeiramente ácidos (pH 5,0 – 6,5). Alimentos ácidos apresentam

vantagens em relação a conservação, uma vez que a acidificação inibe o crescimento de microrganismos (PEREDA et al., 2005).

As amostras QA (0,2 °Brix), FPGA (3,3 °Brix), QS (0,5 °Brix) e FPGS (1,5 °Brix), apresentaram baixo teor de sólidos solúveis, e as amostras apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$). O teor de sólidos solúveis da amostra QA (0,2 °Brix) e FPGA (3,3 °Brix) aumentou significativamente com o processo de extrusão, o mesmo aconteceu com as amostras QS (0,5 °Brix) e FPGS (1,5 °Brix) (Tabela 2).

Os sólidos solúveis apresentam correlação com teores de açúcares e ácidos orgânicos, quanto maior a quantidade de açúcares e ácidos orgânicos maiores os valores dos sólidos solúveis totais (SILVA et al., 2002; CANUTO et al., 2010).

Os alimentos podem sofrer reação de Maillard pelo tratamento térmico, esta reação ocasiona a modificação dos açúcares em ácidos, uma vez que a FPGA possui cerca de 88,22 g.100g⁻¹ e a FPGS 79,70 g.100g⁻¹ de carboidratos, a reação de Maillard pode ter ocorrido ocasionando o aumento do conteúdo de sólidos solúveis totais nas farinhas produzidas (MUZAFFAR e KUMAR, 2016; ALVES et al., 2010).

A cor é um fator importante para a qualidade sensorial dos alimentos. Durante a extrusão, ocorrem algumas reações que afetam este fator. Dentre elas, as mais comuns são as reações de escurecimento não enzimático (reação de Maillard e caramelização) e a degradação de pigmentos. As condições de processamento utilizadas na extrusão (alta temperatura e baixa umidade) favorecem a reação entre açúcares redutores e aminoácidos, resultando na formação de compostos pardos. Dependendo do grau de escurecimento, pode vir acompanhado de sabores e odores indesejáveis (ILO; BERGHOFER, 1999). Com os quatro compostos em estudo (QA, QS, FPGA e FPGS) foi possível realizar análise de cor, determinando os parâmetros de luminosidade (L), croma a* e croma b* (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão das coordenadas de cor nas quireras de sorgo e arroz e na farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS) e farinha pré-gelatinizada de arroz (FPGA).

TRATAMENTOS	L*	a*	b*	C*
QA	81,74±0,66 ^a	1,12±0,66 ^d	17,78±0,66 ^b	17,82±0,23 ^c
QS	66,82±0,00 ^c	7,31±0,00 ^b	15,74±0,67 ^c	17,36±0,69 ^d
FPGA	80,56±0,06 ^b	4,01±0,00 ^c	18,21±0,33 ^a	18,64±0,95 ^b
FPGS	61,16±0,33 ^d	9,31±0,06 ^a	17,95±0,00 ^b	20,22±0,38 ^a
CV (%)	0,17	0,45	0,52	0,50

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV). L* (luminosidade ou brilho, L* = 0 [preto] e L* = 100 [branco]), a* (a* > 0 = [tons vermelhos]; a* < 0 = [tons verdes]), b* (b* > 0 = [tons azuis]; b* < 0 = [tons amarelos]) e C* (Chroma).

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

Pôde-se perceber que ao se passar de QA para FPGA, e de QS para FPGS, houve diminuição significativa no parâmetro L*, ou seja, as farinhas pré-gelatinizadas tornaram-se mais escuras. Tal fato pode ser explicado pela ocorrência de reações de escurecimento não enzimáticas, ou seja, reações entre açúcares redutores e proteínas produzindo pigmentos de cor parda-escura, modificações no sabor e odor, que acontecem durante a etapa de cozimento na extrusão.

O valor encontrado para o croma a* das amostras QA e FPGA mostraram-se próximos a zero, indicando que as amostras analisadas se apresentaram quase neutras, apesar da diferença ser significativa. Já os valores de croma a* para as amostras QS e FPGS foram mais distantes de zero, indicando coloração levemente escura.

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

A farinha de arroz crua e a pré-gelatinizada apresentaram os seguintes valores, para a farinha crua de 95,41 para L*, +0,05 para a* e +4,7 para b* (Barbosa et al., 2006). Para a FAPG, foram encontrados os valores de 94,90 para L*, -0,09 para a* e +5,62 para b*. Comparando os resultados encontrados por estes autores com os resultados encontrados neste estudo, os valores para b* foram maiores e os valores de L* foram menores. Isto pode ter ocorrido por causa das diferenças das cultivares de arroz utilizadas, podendo influenciar também com a presença de contaminantes físicos como resíduos de farelo, o que resulta em coloração mais escura das farinhas.

As amostras de QS e FPGS, e as amostras de QA e FPGA (Tabela 3) apresentaram valores de C* significativamente diferentes e aumentaram após o processo de extrusão.

De acordo com estudos realizados ao avaliar a cor de um alimento o valor do Cromo (C*) aumenta de acordo com a concentração existente do pigmento (SAVLAK et al., 2016).

Os índices de absorção e solubilidade em água podem ser indicadores de alterações na estrutura do amido das farinhas, uma vez que o índice de absorção determina o volume ocupado pelo grânulo de amido após o inchaço provocado pelo excesso de água, e o índice de solubilidade determina a quantidade de moléculas livres extraídas do grânulo de amido (SAVLAK; TÜRKER e YESILKANAT, 2016).

Os valores do índice de absorção podem sofrer redução pela deformação da estrutura física do amido e ao desdobramento das proteínas (BASHIR et al., 2017). Podendo então indicar possíveis perdas de nutrientes, uma vez que a presença de menores quantidades de fibra, amido e teor de proteína podem ocasionar a redução da capacidade de absorção de água em farinhas (AHMED; AL-ATTAR; ARFAT, 2016).

A amostra de FPGS apresenta índice de absorção de água 5,44 g.g⁻¹ e a FPGA valor de 7,05 g.g⁻¹ (Tabela 4), houve diferença significativa entre as amostras. As farinhas pré-gelatinizadas de sorgo e arroz (FPGS E FPGA) apresentam grande potencial para enriquecimento de sopas e molhos, uma vez que seus valores foram superiores aos índices de absorção de água de 1,49 - 4,72 g.g⁻¹, que são índices consideráveis em alimentos viscosos (ALETOR; OSHODI; IPINMOROTI, 2002).

Os elevados valores de absorção e de solubilidade das farinhas pré-gelatinizadas deste trabalho podem ser explicados pelas alterações causadas durante o processamento de extrusão. O teor de umidade da matéria-prima atua como plastificante durante a extrusão, e favorece a degradação parcial dos grânulos de amido, fazendo com que a capacidade de absorção de água do produto final aumente. O aumento da absorção

também pode ocorrer pela elevada temperatura de extrusão que provoca a hidrólise do amido (HAGENIMANA; DING; FANG, 2005). Outro fato que pode ocorrer é a perda da cristalinidade com a gelatinização, permitindo a liberdade de expansão para os grânulos, que dessa forma absorvem mais água pelas alterações na estrutura do grão de amido, ocasionadas pela alta temperatura atingida no processo de extrusão (ASCHERI; ASCHERI; CARVALHO, 2006).

O índice de solubilidade em água (ISA) é bastante utilizado para medir o grau de solubilização do amido extrusado em bebidas, sopas e alimentos infantis, entre outros. O ISA assume importância na caracterização de farinhas extrusadas para fins de solubilização posterior (caso de farinhas pré-gelatinizadas), permitindo verificar o grau de cozimento do amido e avaliar as condições de solubilização em meio aquoso. Para o preparo de alimentos reconstituídos torna-se necessário que a solubilização do material esteja de acordo com as características sensoriais desejadas (MOURA, 2012).

O índice de absorção de água indica a quantidade de água do alimento disponível para gelatinização, enquanto a capacidade de absorção de óleo pode estar relacionada a presença de proteínas hidrofóbicas presentes nas farinhas (GIAMI e BEKEBAIN, 1992). Estas características são importantes para definir processamentos a serem aplicados para obtenção de produtos.

A FPGA e a FPGS apresentaram valores de capacidade de absorção de óleo de $6,66 \text{ g.g}^{-1}$ e $5,47 \text{ g.g}^{-1}$ respectivamente (Tabela 4), houve diferença significativa entre os valores estudados. O reduzido índice de absorção em óleo, em relação ao índice de absorção em água, pode estar associado a baixa hidrofobicidade dos constituintes da farinha, dificultando a interação entre proteínas e óleo. A alta capacidade de absorção de óleo em alimentos é essencial na formulação de produtos tais como, salsichas ou massas (ZHANG et al., 2012).

Tabela 4. Valores médios e desvio padrão referente ao índice de absorção em água (I.A.A.), índice de solubilidade em água (I.S.A) e capacidade de absorção em óleo (C.A.O.) das farinhas pré-gelatinizada de arroz (FPGA) e farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS).

Parâmetros	FPGA	FPGS	CV (%)
I.A.A (g/g)	7,05 ± 0,56 ^a	5,44 ± 0,56 ^b	3,54
I.S.A (g/100g)	22,18 ± 0,46 ^a	15,08 ± 0,10 ^b	2,82
C.A.O (g/g)	6,66 ± 0,00 ^a	5,47 ± 0,00 ^b	6,53

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Tukey. Coeficiente de variação (CV).

Os resultados das avaliações granulométricas da quirera de sorgo e da quirera de arroz e as farinhas pré-gelatinizadas de sorgo e de arroz estão apresentados na Figura 6.

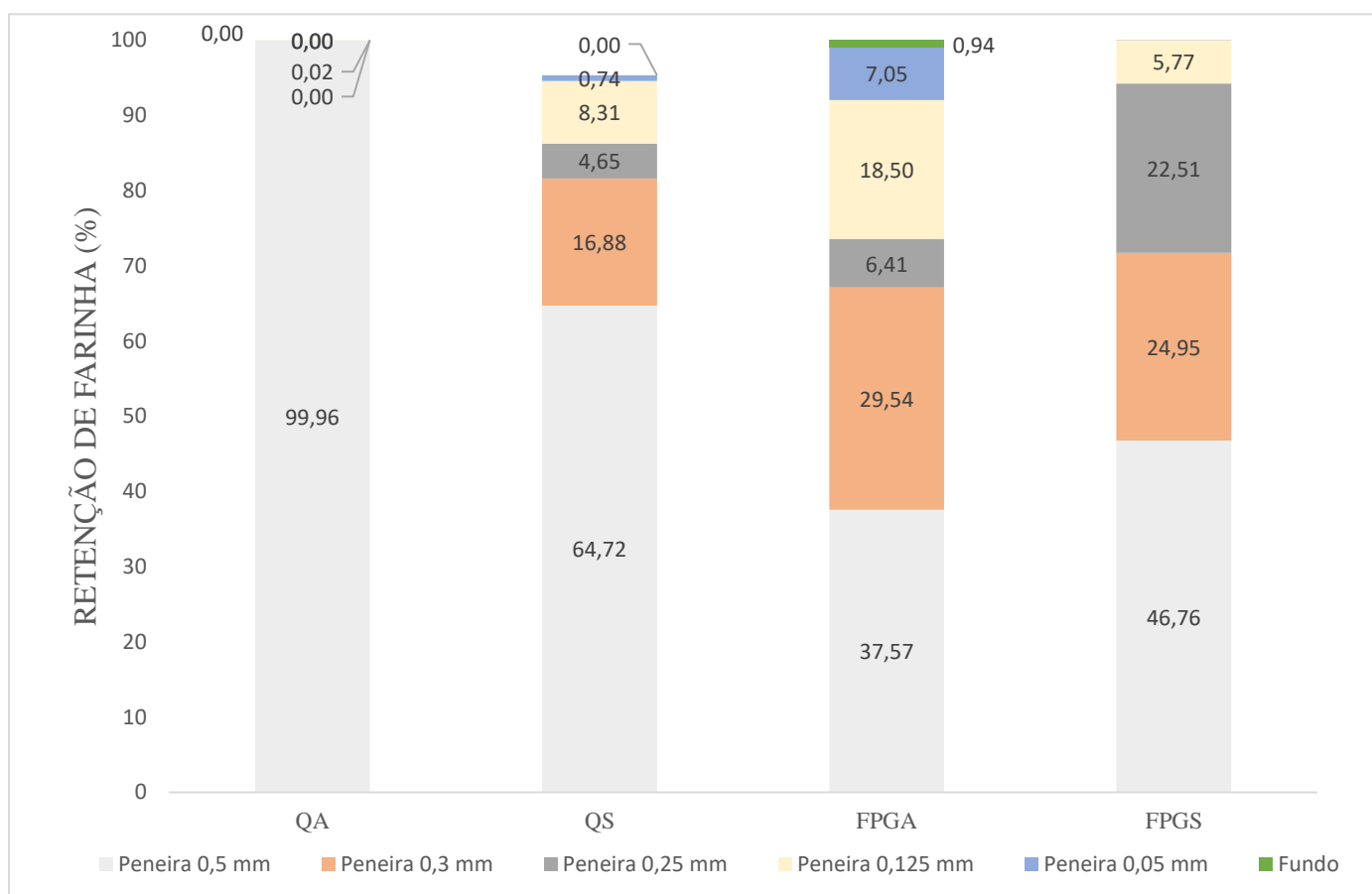


Figura 6. Histograma da frequência retida da quirera de arroz (QA), quirera de sorgo (QS), farinha pré-gelatinizada de arroz (FPGA) e farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS).

Para a utilização de farinhas para fabricação de produtos de panificação, massas alimentícias e extrusados é importante obter uma padronização, o perfil granulométrico das matérias-primas. Estudos mostram que o tamanho das partículas do alimento ou das

misturas de vários alimentos influencia na elaboração de produtos como massas, isso porque influenciam a viscosidade de pasta, a densidade e a textura de produtos à base de carboidratos (SILVA e ASCHERI, 2009; IWUOHA e NWAKANMA, 1998). A diferença na granulometria também influencia na aparência de produtos extrusados.

Em relação a quirera de arroz e a quirera de sorgo, o maior percentual ficou retido na peneira de abertura de 0,5 mm, os percentuais das amostras FPGA e FPGS nesta peneira também tiveram alto percentual retido que foi de, respectivamente, 37,57% e 46,76% (Figura 6). Portanto as farinhas foram padronizadas com diâmetro de 0,5 mm para serem analisadas e aplicadas, já que foi observado, através da análise granulométrica, maior rendimento desta fração para ambas farinhas pré-gelatinizadas.

Partículas maiores que 2 mm são classificadas como grossas, partículas que variam de 0,6 mm a 2 mm, médias e partículas menores que 0,6 mm classificadas como finas (ZANOTTO; BELLAVAR, 1996). Desta forma as amostras de FPGA e FPGS são classificadas como partículas finas, e as tornam com granulometria desejável para a aplicabilidade em massas, sopas e outros produtos que necessitem de maior solubilidade. O tamanho das partículas é um dos fatores que influenciam significativamente a viscosidade de pasta, a densidade e textura de produtos à base de farinhas (SILVA e ASCHERI, 2009).

A análise microscópica do grão quebrado de arroz e da farinha pré-gelatinizada de arroz mostrou estrutura densa e compacta (Figura 7 A e 7 B), é o que geralmente acontece com os alimentos que sofrem o processo de extrusão, pois suas estruturas são alteradas devido à alta temperatura, conforme estudos realizados por Bastos (2012). O mesmo aconteceu com o grão quebrado de sorgo e sua respectiva farinha pré-gelatinizada (Figura 9 E e 9 F, e 10 G e 10 H), conforme indicação das setas vermelhas.

É possível observar que as farinhas pré-gelatinizadas apresentaram partículas de forma irregular, com partes lisas. Durante a extrusão e cocção o amido se apresenta progressivamente comprimido e é transformado em um material denso, sólido, compacto e sua estrutura não forma grânulos (COLONNA; BULEON; MERCIER, 1987).

No estudo realizado por Freitas e Leonel (2008), a análise microscópica das amostras de fécula de mandioca extrusadas, demonstrou que não foi possível observar a presença de grânulos intactos, o mesmo aconteceu com as farinhas pré-gelatinizadas de arroz e de sorgo neste estudo, que não apresentou grânulos de amido intactos após a extrusão.

Após o processo de extrusão ocorreu ruptura dos grânulos de amido dos grãos, apresentando assim, a sua gelatinização e desnaturação de proteínas.

A estruturação do grão de arroz e do grão de sorgo apresentou diversos grânulos de amido que puderam ser facilmente observados nas maiores aproximações das imagens pelas figuras 7 B e 9 F, respectivamente, também se observa superfícies mais lisas em certos pontos das amostras (Figura 7 A e 9 E).

Os grãos quebrados de arroz e os grãos quebrados de sorgo, antes de serem extrusados apresentam grânulos de amido intactos e com concavidades, conforme as figuras 7 B e 9 F, indicando também presença de materiais não amiláceos, que estavam aderidos entre si (FERREIRA, 2012).

Analisar os grânulos de amido é importante para compreender o comportamento da pasta de amido. Na indústria alimentícia, são preferíveis os grânulos maiores de amidos para uso como espessante, devido a desejabilidade de maior viscosidade. De acordo com Leonel (2007) os grânulos menores de amido podem ser utilizados para substituir os lipídeos, pois apresentam estruturas e tamanho semelhantes. Tanto o amido de arroz, quanto o amido de sorgo, observados na microscopia apresentam grânulos pequenos, sendo melhores visualizados com aproximação de 1,500x.

Nos grãos de arroz, com aproximações de até 1,500x, foi possível observar grânulos de amido conservados, ao entorno das estruturas. (Figura 7 B).

O amido da farinha pré-gelatinizada de arroz após o processo de extrusão, sofre desestruturação e a partir disso são formados grânulos de amidos danificados que possuem propriedades funcionais diferentes em relação ao amido nativo (Figura 8 D). No caso dos grãos de sorgo, os mesmos foram submetidos ao processo de moagem antes de serem levados ao microscópio eletrônico de varredura e com isso, o amido nativo alterou sua disposição e estrutura física (9 F).

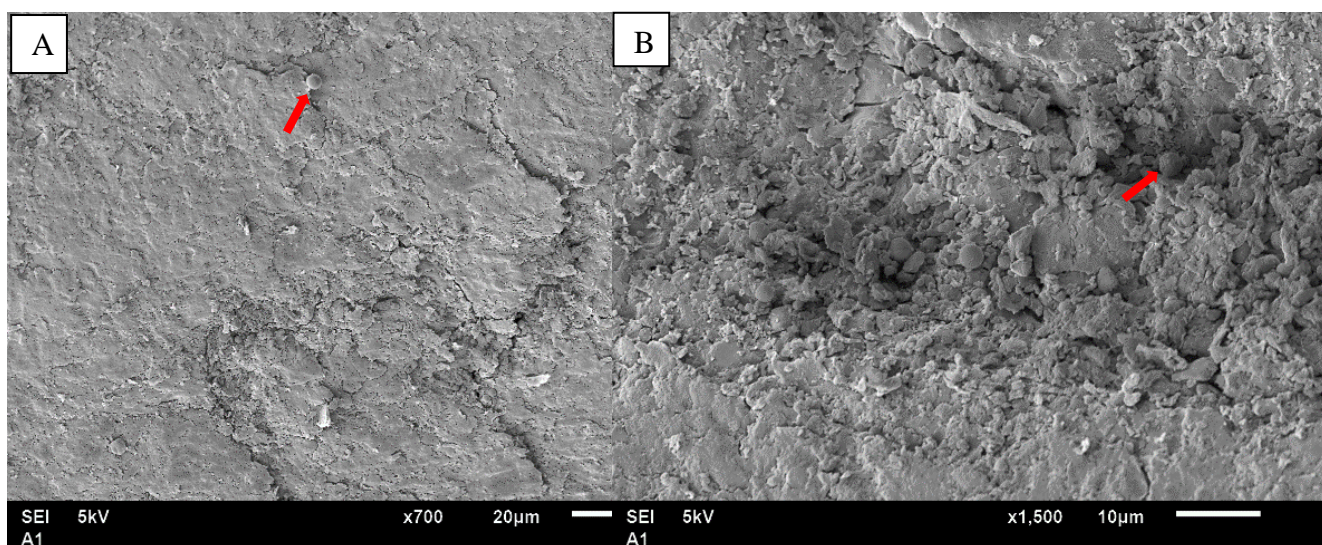


Figura 7. Grão de Arroz em ampliação de 700X (A) e 1,500X (B).

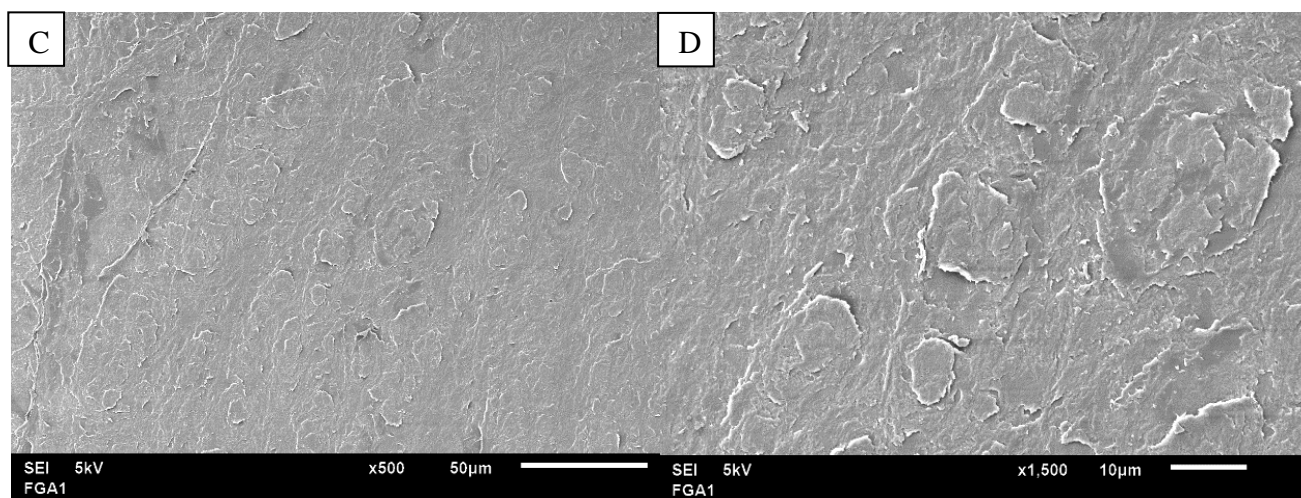


Figura 8. Farinha Pré-Gelatinizada de Arroz em ampliação de 500X (C) e 1,500X (D).

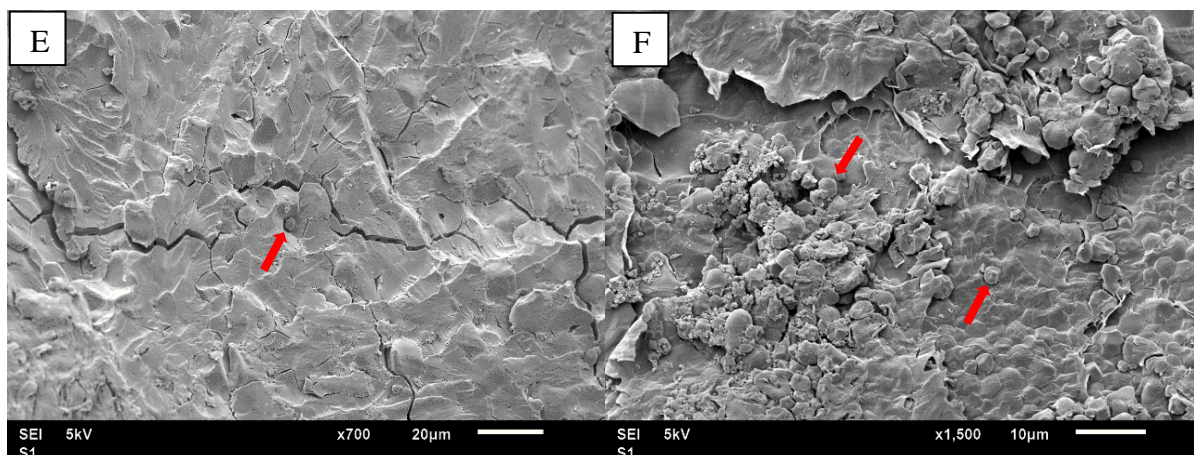


Figura 9. Grão de Sorgo em ampliação de 700X (E) e 1,500X (F).

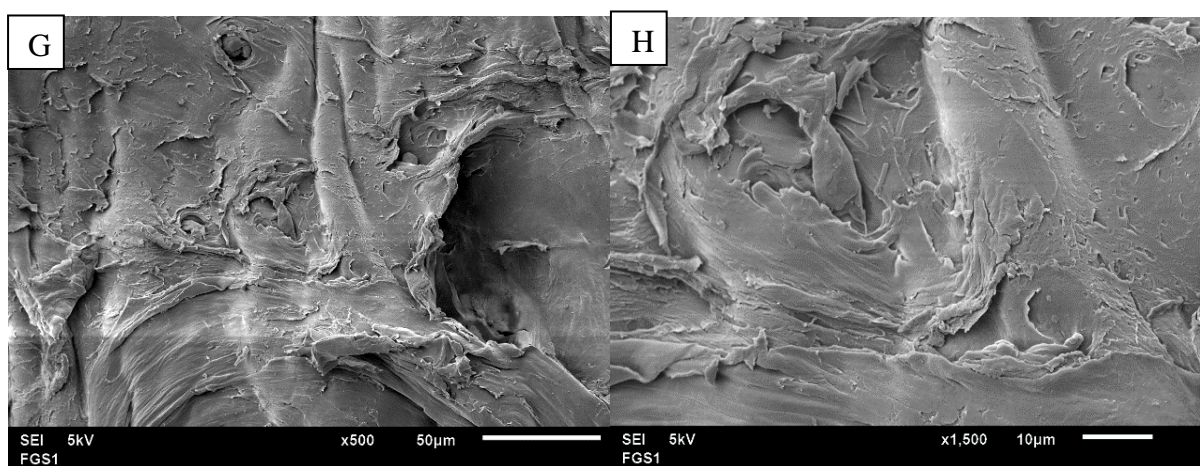


Figura 10. Farinha Pré-Gelatinizada de Sorgo em ampliação de 500X (G) e 1,500X (H).

5.1.4 CONCLUSÃO

É possível produzir farinhas pré-gelatinizadas a partir de grãos quebrados de sorgo e de grãos quebrados de arroz, utilizando subproduto da indústria arroseira e os grãos de sorgo, tem potencial para fomentar o mercado com produtos destinados a alimentação humana.

Com o processo de extrusão, foi possível observar que ocorrem diversas mudanças químicas e bioquímicas nos componentes dos grãos de sorgo e de arroz, propiciando interações e transformações de estrutura, como a pré-gelatinização do amido que resulta em aumento da absorção e solubilidade em água, maior viscosidade, mudanças de cor, o que influencia diretamente nas propriedades tecnológicas das farinhas pré-gelatinizadas que foram produzidas.

Utilizando a microscopia eletrônica de varredura, foi possível observar redução de grânulos de amidos após o processo de extrusão, podendo assim, identificar uma estrutura compacta e amorfa, resultante da gelatinização do amido.

O processo de extrusão foi utilizado para desenvolver um novo produto, a farinha pré-gelatinizada, que tem como vantagem, a sua aplicabilidade em produtos de preparo instantâneo, pelo processo que ocorre com o amido, sua pré-gelatinização durante a extrusão, que envolve baixa umidade e elevadas temperaturas. Esta pré-gelatinização pôde ser observada nas imagens do microscópio eletrônico de varredura.

Portanto, esse novo produto produzido tem boa aplicabilidade, pois, apresentou aspectos tecnológicos viáveis e interessantes para serem utilizados como ingredientes na indústria de alimentos, além do processo de extrusão ter ocasionado mudanças nas propriedades funcionais das farinhas pré-gelatinizadas, proporcionando o aumento no índice de absorção de água, índice de absorção de óleo e índice de solubilidade de água.

5.1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9 ed. Saint Paul, 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Farinhas. **Resolução CNNPA n. 12. Diário Oficial da União, 1978**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12_78_farinhas.htm>. Acesso em: 20 out. De 2017.

AHMED, J.; AL-ATTAR, H.; ARFAT, Y. A. Effect of particle size on compositional, functional, pasting and rheological properties of commercial water chestnut flour. **Food Hydrocolloids**. v. 52, n. 1, p. 888 – 895, 2016.

ALETOR, O., OSHODI, A. A., IPINMOROTI, K. Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. **Food Chemistry**, v. 78. n. 1, p. 63–68, 2002.

ALVES, A. M; MENDONÇA, A. L. de; CALIARI, M; CARDOSO SANTIAGO, R. de. A. Avaliação química e física de componentes do baru (*Dipteryx Alata* Vog.) Para estudo da vida de prateleira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 266-273, 2010.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIF-FN, L. J. Gelatinization of corn grift by roll and extrusion cook. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v. 14, n. 1, p. 4-11, 1969.

APHA. American public health association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**, Washington, ed. 4, p. 676, 2001.

ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 897-905, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: A.O.A.C. 17th ed., 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. Editor: Dr. William Horwitz. A.O.A.C. 18 ed. Gaithersburg: AOAC International, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Especificações de cores de acordo com o sistema de notação Munsell** - NBR 12694. Rio de Janeiro, 1992.

ASP, N.; BJÖRCK, I. Nutrition properties of extruded foods. In: MERCIER, C.; LINKO, D.; HARPER, J.M. (Eds.) **Extruding cooking**. Minnesota: American Association of Cereal Chemistry, 1989. p. 399-434.

AUGUSTO-RUIZ, W.; BONATO, S.; ARRIECHE, L. S.; ALVES, F. V. Produto alimentício elaborado com farinha pré-gelatinizada de grãos quebrados de arroz. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 14, n. 1, p. 35-42, 2003.

BARBOSA, L. N.; GARCIA, L. V.; TOLOTTI, K. D.; GOELLNER, T.; AUGUSTO-RUIZ, W.; SANTO, M. E. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. **Revista Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 1/2, p. 11-20, 2006.

BASHIR, K.; SWER, T. L.; PRAKASH, K. S.; AGGARWAL, M. Physico-chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. **Food Science and Technology**. v. 76, n.1, p. 131 – 139, 2017.

BASTOS, G. M. **Resíduos da industrialização de batata: aplicação na produção de farinhas, snacks, farinhas pré-gelatinizadas e massa alimentícia fresca sem glúten**. 2012. 215 f. Dissertação – (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília 10 jan. 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de Setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de cereais, Amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 set. 2005.

BECKER, F. S. **Caracterização de farinhas cruas e extrusadas obtidas a partir de grãos quebrados de diferentes genótipos de arroz**. 2010. 76 f. Dissertação - (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

CANUTO, G. A. B., XAVIER, A. A. O., NEVES, L. C., & BENASSI, M. D. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n. 32, v. 4, p. 1196-1205, 2010.

CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; QUEIROZ, V. A. V.; GALDEANO, M. C.; TAKEITI, C. Y.; SOLÓRZANO, J. W. V. Elaboração de Farinhas Instantâneas à Base de Sorgo Integral Cultivar BRS310. **Comunicado Técnico**, N° 203, EMBRAPA-Rio de Janeiro, 2014.

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

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

COLONNA, P.; BULEON, A.; MERCIER, C. **Physically modified starch**. In: GALLIARD, T. Starch: properties and potential. Chichester: John Wiley & Sons, 1987.

CONCEIÇÃO, L. L.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUES, J. A. S.; PIROZI, M. R.; TARDIN, F. D.; DANTAS, M. I. S.; MARTINO, H. S. D. Caracterização nutricional tecnológica de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor*) destinados a alimentação humana. In: CONGRESSO MINEIRO DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 2009, Ouro Preto. **Resumos expandidos**. Ouro Preto: UFOP, 2009. v. 3.

COPELAND, L; BLAZEK, J.; SALMAN, H.; TANG, M. C. Form and functionality of starch. **Food Hydrocolloids**. v. 23, p.1527-1534, 2009.

CORNEL, J. A. Experiments with mixtures: designs, models and the analysis of mixture data, John Wiley and Sons, New York, 2002.

CIE- Commission Internationale de l'Eclairage. Colorimetry Publication CIE 15. 3 ed. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Eclairage, 2004.

DONKOR, O. N; STOJANOVSKA, L.; GINN, P.; ASHTON, J. AND VASILJEVIC, T. (2012): Germinated grains –sources of bioactive compounds. **Food Chem**. Accepted 14 May 2012. Available online 22 May 2012.

DORS, G. C.; CASTIGLIONI, G. L.; AUGUSTO-RUIZ, W. Utilização da farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **Vetor: Revista de Ciências Exatas e Engenharia**, Rio Grande, v. 16, n. 1, p. 63-67, 2006.

FANTE, L. **Estudo da cinética de branqueamento e de secagem por ar quente e liofilização do alho (*Allium sativum* L.)**. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2011.

FERREIRA, M. F. **Modificação enzimática da farinha de grãos quebrados de arroz para produção de alimento sem glúten**. Goiânia, 2012; Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás.

FERNANDES, A. F; PEREIRA, J; GERMANI, R; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* Lineu). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n.1, p. 56-65, 2008.

FERREIRA D.F. **Programa SISVAR: sistema de análise de variância: versão 4,6 (Build 6,0)**. Lavras: DEX/UFL (2003).

FERREIRA, S. M. **Modificação enzimática da farinha de grãos quebrados de arroz para produção de alimento sem glúten**. 2012. Dissertação – (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 169 f. 2012.

FIORDA, F. A.; SOARES JR., M. S.; SILVA da, F. A.; MOURA de, C. M. A.; GROSSMANN, M. V. E. Physical quality of snacks and technological properties of pre-gelatinized flours formulated with cassava starch and dehydrated cassava bagasse as a function of extrusion variables. **LTW Food Science and Technology**, v. 62, p. 1112-1119, 2015.

FREITAS, T. S; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alimento e Nutrição, Araraquara**, v. 19, n. 2, p. 183-190, 2008.

GIAMI, S.Y., BEKEBAIN, D.A. (1992). Proximate composition and functional properties of raw and processed full fat fluted pumpkin (*Telferia occidentalis*) seed flour. **J. Sci. Food Agric.**, 59, 321-325.

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

HUNTERLAB. **User's manual with universal software versions 3.5**. Reston, Hunterlab, 1998.

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

IWUOHA, C. I.; NWAKANMA, M. I. Density and viscosity of cold flour pastes of cassava (*Manihot esculenta* Grantz), sweet potato (*Ipoema batatas* L. Lam.) and white yam (*Discoreia Rotundata* Poir) tuber as affected by concentration and particle size. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington Oxford, v. 37, n. 1, p. 97-101, 1998.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química Geral e Reações Químicas**. v. 1, 6 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 611 p.

LACERDA, D. B. C. L.; SOARES JUNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; DE CASTRO, M. V.; LOBO, V. L. S.; CAMPOS, M. R. H.; SIQUEIRA, B. S. Qualidade de farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p.521-530, out.-dez., 2010.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.579-588, 2007.

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

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

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. Energy value of foods: basis and derivation. Washington, DC: **US Department of Agriculture**, 1973 (Agriculture Handbook, 74).

MOURA, L. S. M. et al. **Propriedades de absorção e solubilização de extrudados de farinha mista de feijão, milho e arroz biofortificados**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/916083/1/2011120.pdf>> Acesso em: 29 de set. de 2017.

MUZAFFAR, K; KUMAR, P. Moisture sorption isotherms and storage study of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, v. 291, n.1, p. 322–327, 2016.

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

PEREDA, J. A. O.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L.F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. de. F.; PERALES, L. de la. H. CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de Alimentos**. v. 1, Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.

QUEIROZ, V. A. V.; MORAES, E. A.; MARTINO, H. S. D.; PAIVA, C. L.; MENEZES, C. B. Sorço: inovações tecnológicas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, n.278, p.7-12, jan./fev. 2014.

SAVLAK, N.; TÜRKER, B.; YESILKANAT, N. Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. **Food Chemistry**. v. 213, n. 1, p.180–186, 2016.

SILVA, P.S.L.; SÁ, W.R.; MARIGUELE, K.H.; BARBOSA, A.P.R.; OLIVEIRA, O.F. Distribuição do teor de sólidos solúveis totais em frutos de algumas espécies de clima temperado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 1/2, p.19-23, 2002.

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

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

SNIFFEN, C.J.; PEREZ, V. D. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, n.11, p. 3562-3577, 1992.

SRICHUWONG, S.; CURTI, D.; AUSTIN, S.; KING, R.; LAMOTHE, L.; GLORIA-HERNANDEZ, H. Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. **Food Chemistry**, v. 233, p. 1–10, 2017.

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

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. Florida, Academic Press, Cap. 7, p. 227–252, 1992.

TAVARES, J. S.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BECKER, F. S.; EIFERT, E. C. Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento. **Ciência Rural (Impresso)**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 1102-1109, 2012.

TOVAR-JIMÉNEZ, X., CARO-CORRALES, J., GÓMEZ-ALDAPA, C., ZAZUETA-MORALES, J., LIMÓN-VALENZUELA, V., CASTRO-ROSAS, J., & AGUILAR-PALAZUELOS, E. (2015). Third generation snacks manufactured from orange by-products: Physicochemical and nutritional characterization. **Journal of Food Science and Technology**, 52(10), 6607–6614.

WANG, S.; WANG, J.; YU, J.; WANG, S. A comparative study of annealing of waxy, normal and high-amylose maize starches: The role of amylose molecules. **Food Chemistry**, v. 164, p. 332-338, 2014.

ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. **Comunicado Técnico**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (EMBRAPACNPSA). Concórdia, 1996.

ZHANG, H.-J.; ZHANG, H.; WANG, L.; GUO, X.-N. Preparation and functional properties of rice bran proteins from heat-stabilized defatted rice bran. **Food Research International**, v. 47, n. 2, p.359–363, 2012.

5.2 ARTIGO 2 - APLICAÇÃO DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS DE ARROZ E SORGO NA ELABORAÇÃO DE SOPAS INSTANTÂNEAS: CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL, QUALIDADE TECNOLÓGICA, MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL

RESUMO

Os cereais são essenciais em uma alimentação saudável e são um dos alimentos mais consumidos no mundo. A farinha pré-gelatinizada produzida pelo processo de extrusão tem diversas aplicabilidades na tecnologia de alimentos, podendo ser utilizada no preparo de produtos de panificação, mingaus e sopas. Devido à importância tecnológica que o processo de extrusão representa na aplicação dos alimentos de preparo rápido como as farinhas pré-cozidas, instantâneas e pré-gelatinizadas, este trabalho teve como objetivo aplicar farinhas pré-gelatinizadas de sorgo e de arroz no desenvolvimento de uma sopa de preparo instantâneo e avaliar suas propriedades centesimais, tecnológicas, microbiológicas e sua aceitação sensorial. Foram elaboradas as 10 formulações da sopa instantânea a partir do delineamento experimental de misturas de farinha pré-gelatinizada de arroz (FPGA), farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS) e fécula de batata (FB). Com relação aos resultados experimentais pode-se afirmar que os valores preditos corroboraram com os valores experimentais, ou seja, obteve-se uma mistura para a sopa instantânea com as características de absorção de água, solubilidade em água, coloração e luminosidade e viscosidade próximas às preditas pelos modelos. O índice de absorção de água tem relação direta com a quantidade de hidroxilas disponíveis para se ligar à água; esse índice teve uma variação de 2,26 a 5,31 g.g⁻¹ nas diferentes formulações da sopa instantânea. Neste trabalho para o índice de solubilidade em água, os valores encontrados variaram de 19,74 a 31,39%. Os valores de luminosidade das formulações das sopas instantâneas variaram de 69,22 a 84,76, para a* os valores foram de 2,04 a 5,91, e para b* foram de 8,33 a 16,07. Pode ser observado pela superfície de resposta, que a viscosidade foi menor conforme o aumento das concentrações de FPGA e FPGS. Após a realização das análises físicas e químicas, partiu-se para a caracterização microbiológica da melhor formulação definida pelo teste de desejabilidade, a qual demonstrou que o produto está de acordo aos padrões microbiológicos. A sopa instantânea foi aceita sensorialmente em todos os atributos analisados pelos provadores. Os resultados obtidos demonstraram a formulação da sopa instantânea na proporção de 80:10:10, da farinha pré-gelatinizada de arroz, da farinha pré-gelatinizada de sorgo e da fécula de batata, permite o desenvolvimento experimental de um novo produto com boas características nutricionais. Foi obtido um alimento com boas características tecnológicas solubilidade e absorção em água, boa viscosidade, coloração clara e com boa aceitação sensorial pelos provadores.

Palavras-chave: Cereais. Farinha Extrusada. Sopa Instantânea.

5.2 ARTICLE 2 - APPLICATION OF PRE-GELATINIZED SORGHUM AND RICE FLOURS IN THE PREPARATION OF INSTANT SOUPS: CENTESIMAL CHARACTERIZATION, TECHNOLOGICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORY QUALITY

ABSTRAT

Cereals are essential in healthy eating and are one of the most consumed foods in the world. The pre-gelatinized flour produced by the extrusion process has several applicabilities in food technology, and can be used in the preparation of bakery products, porridge and soups. Due to the technological importance that the extrusion process represents in the application of quick-cooked foods such as precooked, instant and pregelatinized flours, this work had the objective of applying pregelatinized sorghum and rice flours in the development of a soup of instant preparation, and to evaluate its centesimal, technological, microbiological properties and its sensorial acceptance. The 10 formulations of the instant soup were prepared from the experimental design of pregelatinized rice flour (PGFR), pregelatinized sorghum flour (PGFS) and potato starch (PS). With respect to the experimental results, it can be affirmed that the predicted values corroborated with the experimental values, that is, a mixture was obtained for the instant soup with the characteristics of water absorption, water solubility, color and luminosity and viscosity close to the predicted by the models. The water absorption index is directly related to the amount of hydroxyls available to bind to water; this index had a variation of 2.26 to 5.31 g.g⁻¹ in the different formulations of the instant soup. In this work for the solubility index in water the values found varied from 19.74 to 31.39%. The brightness values of the instant soup formulations ranged from 69.22 to 84.76, to a * values ranging from 2.04 to 5.91, and to b * were from 8.33 to 16.07. It can be observed from the response surface that the viscosity was lower as the concentrations of PGFR and PGFS increased. After the physical and chemical analyzes, the microbiological characterization of the best formulation defined by the desirability test was used, which demonstrated that the product complies with the microbiological standards. The instant soup was sensorially accepted in all the attributes analyzed by the tasters. The results obtained demonstrated the formulation of the instant soup in the ratio of 80:10:10, pregelatinized rice flour, pregelatinized sorghum flour and potato starch, allows the experimental development of a new product with good nutritional characteristics. It was obtained a food with good technological characteristics solubility and absorption in water, good viscosity, light color and with good sensory acceptance by the tasters.

Key words: Cereals. Extruded Flour. Instant Soup.

5.2.1 INTRODUÇÃO

Os cereais são essenciais em uma alimentação saudável e são um dos alimentos mais consumidos no mundo (MORATOYA et al., 2013).

Durante o beneficiamento do arroz, são gerados grãos quebrados, que são classificados como quirera de arroz; esse fato dá origem a problema econômico para a indústria, já que este subproduto acaba sendo rejeitado para consumo humano e, portanto, possui um valor comercial reduzido (KADAN et al., 2008; LIMBERGER et al., 2009).

O arroz e seus derivados podem ser utilizados na obtenção de uma ampla gama de produtos alimentícios isentos de glúten (CASTRO et al., 2007; DEL CASTILLO; LESCANO; ARMADA, 2009).

O sorgo é consumido em diversos produtos como pão fermentado, panquecas, cuscuz, mingau e cerveja, em países da África e Ásia (AWIKA; ROONEY, 2004).

Sorgos de boa qualidade são utilizados na América Central para produzir alimentos com boas características palatáveis, de boa aparência e qualidade, gerando produtos com valores de mercado competitivos (ROONEY, 2007).

A farinha pré-gelatinizada produzida pelo processo de extrusão tem diversas aplicabilidades na tecnologia de alimentos, podendo ser utilizada no preparo de produtos de panificação, mingaus e sopas instantâneas (CARVALHO et al., 2009; CLERICI e EL-DASH, 2008; SILVA e ASCHERI, 2009).

O amido, ao ser pré-gelatinizado, sofre transformações químicas que causam intumescimento e ruptura dos grânulos, modificações das estruturas cristalinas que aumentam a solubilidade e a viscosidade em água fria (TROMBINI; LEONEL, 2010).

Os amidos modificados são produzidos com o intuito de se obter propriedades funcionais não encontradas na sua forma nativa, podendo desta forma atender determinadas aplicações em diversos segmentos industriais, aumentando o seu valor agregado (ZAVAREZE et al., 2010).

Amidos e farinhas pré-gelatinizadas podem ser utilizadas sem aplicação do calor (por exemplo em pudins e misturas lácteas instantâneas) para preparar misturas prontas panificáveis, da qual o aumento da absorção e retenção de água melhora a qualidade do produto (CLERICI e EL-DASH, 2008).

A pré-gelatinização de farinhas pode ser obtida pela utilização da extrusão. Esse é um dos métodos mais vantajosos para substituir o processo convencional na produção de farinhas pré-gelatinizadas, devido ao rigoroso controle do grau de gelatinização, em

que com pequenas modificações no equipamento e/ou na matéria-prima podem ser obtidos diferentes resultados na qualidade do produto (CLERICI e EL-DASH, 2008).

As principais propriedades funcionais dos extrusados são sua capacidade de absorção e solubilidade de água, e a viscosidade (LAZOU e KROKIDA, 2010). O aumento de solubilidade da amostra serve como base para a elaboração de alimentos de fácil reconstituição como, por exemplo, as sopas.

Devido à importância tecnológica que o processo de extrusão representa na aplicação dos alimentos de preparo rápido como as farinhas pré-cozidas, instantâneas e pré-gelatinizadas, este trabalho teve como objetivo aplicar farinhas pré-gelatinizadas de arroz e de sorgo no desenvolvimento de uma sopa de preparo instantâneo e avaliar suas propriedades centesimais, tecnológicas, microbiológicas e sua aceitação sensorial.

5.2.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.2.1 Material

A quirera de arroz foi doada pela empresa Cristal Alimentos Ltda., localizada em Aparecida de Goiânia-GO. Os grãos de sorgo vermelho foram doados pela empresa Atlântica Sementes, situada na cidade de Rio Verde-GO.

Também para a elaboração das sopas foi utilizado fécula de batata, da marca Nativa®, que foi adquirida no comércio local de Rio Verde-GO, os condimentos como salsa da marca Dicol®, alho e cebola desidratados da marca Rei dos Condimentos®, e sal da marca Cisne®, foram adquiridos no comércio de Goiânia-GO.

5.2.2.2 Métodos

5.2.2.2.1 Processo de Extrusão

A quirera de arroz e os grãos de sorgo foram extrusados em extrusora termoplástica (Inbramaq, PQ 30, Ribeirão Preto, Brasil). A extrusora foi alimentada através de um silo com sistema de dosagem por gravidade. Foram fixados os seguintes parâmetros: taxa de compressão da rosca de 3:1, taxa de alimentação de 350 g.min⁻¹, a

matriz com abertura de 4 mm de diâmetro, as temperaturas na primeira, segunda e terceira zona de aquecimento foram de 40°C, 60°C e 90°C respectivamente, a rotação da rosca foi de 250 rpm. O processo de extrusão foi realizado no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Agroindustriais (Labdarsa), da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Após a extrusão os produtos obtidos foram moídos para a obtenção da farinha pré-gelatinizada, os grânulos foram padronizados com aproximadamente 0,5mm (35 *mesh*).

Foi aplicado o planejamento experimental de misturas tipo Simplex Centroide de acordo com procedimentos descritos por CORNELL (2002), para avaliar o efeito da farinha pré-gelatinizada de arroz (X1), da farinha pré-gelatinizada de sorgo (X2) e da fécula de batata (X3), sobre as propriedades tecnológicas da sopa instantânea. O planejamento experimental com os teores determinados para cada ingrediente em concentração real (g do componente por 100 g de mistura) e pseudocomponentes estão representados na Tabela 5.

Tabela 5. Planejamento de misturas tipo Simplex Centroide da formulação da sopa para estudo do efeito da farinha pré-gelatinizada de arroz (X1), da farinha pré-gelatinizada de sorgo (X2) e amido (X3), sobre as propriedades tecnológicas da sopa instantânea.

Delineamento de Misturas - Simplex Centroide						
Ensaio	FPGA		FPGS		FB	
	Pseudo(X1)	Real (%)	Pseudo(X2)	Real (%)	Pseudo(X3)	Real (%)
1	1	80	0	10	0	10
2	0	10	1	80	0	10
3	0	10	0	10	1	80
4	0,5	45	0,5	45	0	10
5	0,5	45	0	10	0,5	45
6	0	10	0,5	45	0,5	45
7*	0,333333	33,33333	0,333333	33,33333	0,333333	33,33333
8	0,666667	56,66667	0,166667	21,66667	0,166667	21,66667
9	0,166667	21,66667	0,666667	56,66667	0,166667	21,66667
10	0,166667	21,66667	0,166667	21,66667	0,666667	56,66667

*Foram realizadas três repetições do experimento F7 (ponto central)

Fonte: STATSOFT (2004).

$X1+X2+X3 = 1$ ou 100%

5.2.2.2.2 Elaboração das Sopas

Todos os ingredientes foram pesados, segundo as suas proporções reais (Tabela 1). Para cada 100g de cada formulação foram adicionadas as seguintes quantidades de condimentos: 9g de sal, 4g de cebola desidratada, 3g de alho desidratado, 7g de salsa desidratada. Para o preparo das sopas, 120 mL de água fervida foi adicionado a 20 gramas do produto, após três minutos a sopa está pronta para o consumo. As formulações das sopas foram desenvolvidas segundo ensaios realizados previamente.

5.2.2.2.3 Composição Centesimal

As formulações foram avaliadas quanto à composição centesimal. E apenas o ponto central, sendo este a formulação 7, foram realizadas três repetições. Foram determinados a umidade método 44-15 A (AACC, 2000), cinzas pelo método 923.03 (AOAC, 2000), lipídios pelo método 925.38 (AOAC, 2000), teor de proteínas segundo método de Kjeldahl (AOAC, 2006), os carboidratos totais foram calculados por diferença, descrito por Sniffen e Perez (1992) e o valor energético total determinado através do uso dos teores de carboidratos, proteínas e lipídios (MERRIL; WATT, 1973).

5.2.2.2.4 Análises Físico-Químicas

As análises físico químicas de potencial hidrogeniônico (PG 1800, Gehaka) e acidez total titulável foram realizadas conforme a AOAC, 2006.

5.2.2.2.5 Índice de Absorção de água e Solubilidade em água

O índice de absorção de água (IAA) e de solubilidade em água (ISA) foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Anderson et al. (1969).

5.2.2.2.6 Análise de cor

Foram estabelecidos os parâmetros instrumentais de cor L*, a*, b* determinados segundo o sistema CIELab com uso de colorímetro Hunter Lab, modelo Color Quest XE (HUNTERLAB, 1998; ABNT, 1992; AACC, 2000; CIE, 2004).

5.2.2.2.7 Viscosidade

A medida da viscosidade foi determinada pelas curvas de escoamento. Foram adicionados 30 ml de água em 5g de cada formulação. Os ensaios foram realizados em um reômetro Physica MCR 101 (Anton Paar, Austria). As medidas foram feitas em triplicata, em geometria de Placa paralela de 50 mm de diâmetro (PP50), com temperatura controlada em 60° C por sistema Peltier e Gap de 2 mm (altura entre a geometria e a placa do reômetro). As amostras foram avaliadas 24 horas após o preparo. Utilizando um intervalo de taxa de deformação de 0 – 500 s⁻¹.

5.2.2.2.8 Análises Microbiológicas

Todas as análises microbiológicas foram determinadas segundo padrões estabelecidos pela Resolução - RDC nº 12, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001), e seguiram os procedimentos descritos pela *American Public Health Association* (APHA, 2001) para cada microrganismo analisado.

As análises foram feitas na amostra da melhor formulação determinada pelo teste de desejabilidade da sopa instantânea, que foi aplicada na análise sensorial. Foram avaliados qualitativamente e quantitativamente o perfil microbiológico de *Bacillus Cereus* por grama de amostra, Coliformes termotolerantes (45°C) por grama de amostra e a ausência de *Salmonella* sp. em 25g (BRASIL, 2001).

5.2.2.2.9 Análise Sensorial

A análise sensorial de aceitação foi realizada com 50 provadores não treinados, de ambos os sexos, maiores de idade, sendo excluídos os pertencentes ao grupo de risco

como alérgicos a qualquer um dos componentes presentes na amostra, gestantes, idosos e portadores de patologias relacionadas ao consumo do alimento; para avaliar os atributos de aparência, cor, aroma, textura, sabor e avaliação global, da melhor formulação da sopa instantânea que foi selecionada pelo teste de desejabilidade. Foi utilizada a escala hedônica estruturada de 9 pontos, em que o 9 representa a nota máxima, “gostei muitíssimo”, e 1 a nota mínima “desgostei muitíssimo” (STONE e SIDEL, 1992). A intenção de compra do produto foi analisada com utilização da escala hedônica de 5 pontos, em que o 5 representa a nota máxima, “certamente compraria” e 1 a nota mínima, “certamente não compraria” (STONE e SIDEL, 1992).

Para participação na pesquisa todos os provadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE-Apêndice A), sob parecer de nº 70074717.9.0000.0036, submetido e aprovado no Comitê de Ética do IF Goiano.

Para o preparo das sopas, foram adicionados 120 mL de água fervida a 20 gramas do produto, após três minutos a sopa foi submetida a análise.

A análise foi realizada no laboratório de análise sensorial do Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde. As amostras foram servidas em copos descartáveis, em porções de 25 ml com temperatura de aproximadamente 60°C.

5.2.2.2.10 Análise Estatística

Para determinar a amostra mais desejada foi realizado o teste de desejabilidade, a partir da função *response desirability profiling* do software estatístico, para as variáveis índice de absorção em água, índice de solubilidade em água, cor (L^* , a^* , b^*) e viscosidade em que a formulação experimental selecionada apresenta maior índice de absorção e solubilidade em água, maior luminosidade, menores valores das coordenadas de cor a^* e b^* e maior viscosidade.

Foi utilizado para a determinação do delineamento experimental de mistura, para o teste de desejabilidade e para ANOVA o software STATISTICA versão 7.0 (Statsoft, Oklahoma, Tulsa, EUA).

5.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram elaboradas as 10 formulações da sopa instantânea a partir do delineamento experimental de misturas de farinha pré-gelatinizada de arroz (FPGA), farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS) e fécula de batata (FB). As formulações estão representadas na Figura 11.

Os planejamentos de misturas são aplicados a vários experimentos para se desenvolver novos produtos. Nestes experimentos, são utilizados dois ou mais componentes, que são misturados em diversas proporções, obtendo então as características dos produtos. As respostas encontradas dependem, apenas, das proporções dos componentes presentes na mistura e não da quantidade absoluta da mistura (CORNELL, 2002).

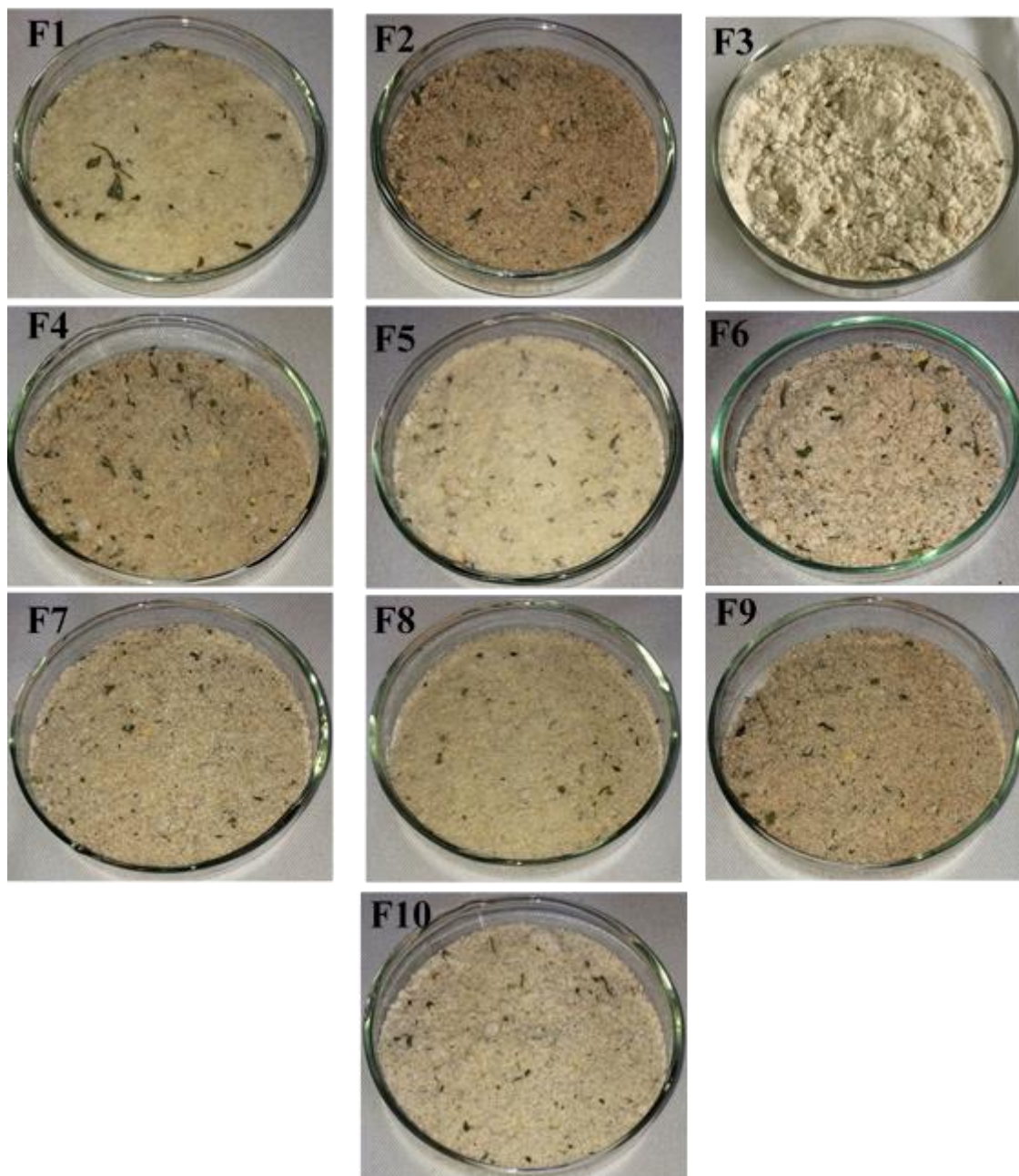


Figura 11. Formulações experimentais das sopas instantâneas obtidas a partir do delineamento de misturas de FPGA, FPGS e FB.

Os dados das formulações propostas pelo delineamento de misturas simplex centroide, relacionados ao índice de absorção em água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), cor (Croma e °Hue) e viscosidade (VISC) estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Índice de absorção em água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), cor (Croma e °Hue) e viscosidade (VISC) das formulações propostas pelo delineamento de misturas simplex centroide.

Formulações	IAA (g.g ⁻¹)	ISA (%)	Croma	°Hue	VISC (Pa.s)
F1	5,3 ± 0,01	31,3 ± 0,09	16,43 ± 0,0	77,91 ± 0,0	0,08 ± 0,9
F2	4,3 ± 0,08	25,8 ± 0,03	16,05 ± 0,0	68,11 ± 0,0	0,05 ± 0,7
F3	2,4 ± 0,03	21,25 ± 0,0	8,58 ± 0,0	76,25 ± 0,0	0,03 ± 0,7
F4	4,8 ± 0,03	27,5 ± 0,09	13,29 ± 0,0	74,92 ± 0,0	0,02 ± 0,8
F5	3,6 ± 0,01	21,3 ± 0,08	11,05 ± 0,0	76,97 ± 0,0	0,01 ± 0,3
F6	3,6 ± 0,07	20,1 ± 0,06	12,84 ± 0,0	71,10 ± 0,0	0,009 ± 0,0
F7*	3,9 ± 0,03	21,5 ± 0,04	12,24 ± 0,0	73,18 ± 0,0	0,02 ± 0,05
F8	4,7 ± 0,03	26,0 ± 0,05	13,92 ± 0,0	75,13 ± 0,0	0,03 ± 0,01
F9	4,5 ± 0,02	19,7 ± 0,04	13,54 ± 0,0	70,62 ± 0,0	0,04 ± 0,01
F10	3,1 ± 0,05	22,6 ± 0,04	10,55 ± 0,0	73,03 ± 0,0	0,008 ± 0,7

* Média de resultados com três repetições.

Os modelos de regressão com significância (P), coeficientes de determinação experimentais (R²), coeficientes de determinação ajustados (R²aj) para as características das sopas instantâneas estão apresentados na Tabela 7.

Os modelos foram significativos (p ≤ 0,05). Os efeitos das interações entre FPGA, FPGS e FB foram significativos para as propriedades de IAA, ISA, Croma, °Hue e viscosidade (p ≤ 0,05).

Tabela 7. Modelos Matemáticos para propriedades tecnológicas.

Resposta	Modelo	P	R²	R²aj
IAA	$y=5,335*FPGA+4,4348*FPGS+2,4049*FB+0,1006*FPGA*FPGS-1,0673*FPGA*FB+0,8155*FPGS*FB+0,5669*FPGA*FPGS*FB+0$	0,000	0,9744	0,9670
ISA	$y=31,5388*FPGA+24,8753*FPGS+22,0622*FB-5,7043*FPGA*FPGS-17,8374*FPGA*FB-13,7770*FPGS*FB-12,6163*FPGA*FPGS*FB+0$	0,030	0,6309	0,5254
Croma	$y=16,5743*FPGA+15,9625*FPGS+8,5597*FB-11,6864*FPGA*FPGS-5,5720*FPGA*FB+1,8843*FPGS*FB+9,6896*FPGA*FPGS*FB+0$	0,001	0,8420	0,7969
°Hue	$y=77,8005*FPGA+68,1949*FPGS+76,0660*FB+7,5909*FPGA*FPGS-1,0272*FPGA*FB-4,5183*FPGS*FB-45,7310*FPGA*FPGS*FB+0$	0,0002	0,9066	0,8800
VISC	$y=0,1095*FPGA+0,0764*FPGS+0,0438*FB-0,2442*FPGA*FPGS-0,2651*FPGA*FB-0,1923*FPGS*FB+0,6251*FPGA*FPGS*FB+0$	0,019	0,9269	0,8356

Índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), para parâmetros instrumentais de Croma e °Hue, e para viscosidade (VISC), com coeficientes de nível de significância (P), coeficientes de determinação experimental (R²), coeficientes de determinação ajustados (Raj²) em função dos teores de farinha pré-gelatinizada de arroz (FPGA), farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS) e fécula de batata (FB) (em pseudocomponentes) nas sopas instantâneas experimentais.

A validação dos modelos utilizados, foi confirmada comparando os valores preditos com os observados dos dados experimentais do IAA, ISA, Croma, °Hue e da viscosidade, conforme a Tabela 8.

Com relação aos resultados experimentais pode-se afirmar que os valores preditos corroboraram com os valores experimentais, ou seja, obteve-se uma mistura para a sopa instantânea com as características de absorção de água, solubilidade em água, coloração e luminosidade e viscosidade próximas às preditas pelos modelos.

Tabela 8. Valores observados experimentalmente e valores preditos pelos modelos matemáticos para os experimentos.

Variável Resposta	Experimento	Valores Preditos	Valores Experimentais	Variação
IAA	F7 ^a	4,062585	3,93 ± 0,09	-0,123
	F8	4,622569	4,73 ± 0,07	0,114
	F9	4,329242	4,52 ± 0,06	0,196
	F10	3,217055	3,15 ± 0,03	-0,064
ISA	F7 ^b	21,54499	21,54 ± 0,07	0,002
	F8	25,61621	26,05 ± 0,0	0,433
	F9	22,62316	19,74 ± 0,09	-2,874
	F10	20,20566	22,64 ± 0,02	2,436
Croma	F7 ^c	12,34947	12,24 ± 0,0	-0,109
	F8	13,45054	13,92 ± 0,0	0,469
	F9	13,76603	13,54 ± 0,0	-0,226
	F10	10,57452	10,55 ± 0,0	-0,024
°Hue	F7 ^d	72,55400	73,18 ± 0,0	0,626
	F8	75,66712	75,13 ± 0,0	-0,537
	F9	70,57387	70,62 ± 0,0	0,046
	F10	73,79083	73,03 ± 0,0	-0,760
VISC	F7 ^e	0,021743	0,025 ± 0,01	0,003
	F8	0,042640	0,031 ± 0,09	-0,010
	F9	0,032191	0,041 ± 0,07	0,009
	F10	0,014128	0,008 ± 0,07	-0,005

^a Média de repetição de resultados individuais (4,15; 3,83; 3,82); ^b Média de repetição de resultados individuais (21,87; 22,01; 20,75); ^c Média de repetição de resultados individuais (12,27; 12,23; 12,22); ^d Média de repetição de resultados individuais (73,23; 73,18; 73,12); ^e Média de repetição de resultados individuais (0,0241; 0,026).

Os índices de solubilidade e absorção de água dos amidos são parâmetros importantes que estão relacionados à estimativa do comportamento do produto, principalmente quando o objetivo é a sua aplicação como ingrediente na indústria alimentícia (OIKONOMOU; KROKIDA, 2012).

O índice de absorção de água tem relação direta com a quantidade de hidroxilas disponíveis para se ligar à água; esse índice teve a variação de 2,26 a 5,31 g.g^{-1} nas diferentes formulações da sopa instantânea (Tabela 9).

Em estudos realizados por Silva et al. (2008), para ser considerado um bom índice de absorção de água IAA em amidos pré-gelatinizados, os valores em geral devem ser superiores a 6 g.g^{-1} , pois facilita a interação destes com a água e favorece o ganho de peso dos produtos em que são utilizados, aumentando seu rendimento. Apesar dos valores encontrados para esse índice terem sido menores que a referência, nas formulações em que são encontradas maiores concentrações das farinhas pré-gelatinizadas de arroz e de sorgo, os valores são próximos ao referenciado.

Tabela 9. Índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) das formulações das sopas instantâneas.

Tratamento	IAA (g.g^{-1})	ISA (%)
F1	5,31	31,39
F2	4,38	25,83
F3	2,43	21,25
F4	4,83	27,59
F5	3,61	21,38
F6	3,60	20,16
F7	3,93	21,54
F8	4,73	26,05
F9	4,52	19,74
F10	3,15	22,64

Conforme Ding et al. (2005), o efeito das condições de extrusão nas propriedades físico-químicas de extrudados à base de arroz foram avaliados e os maiores valores de IAA foi de 6,95 a 7,65 g.g^{-1} .

De acordo com estudos realizados Van Boekel et al. (2015) em misturas de farinhas instantâneas de arroz, soja e coprodutos de laranja-pera, foram encontrados os valores de 3,82 para o índice de absorção de água e 25% para o índice de solubilidade em água.

Conforme apresentado na Tabela 10, o modelo linear foi significativo ao nível de 5% de significância. O valor de R^2 , mostra que 97% dos dados experimentais são explicados pelo modelo.

Tabela 10. Análise de variância referente ao índice de absorção de água das formulações.

ANOVA - IAA						
Modelos	SQ	GL	QM	F*	P*	R ²
Linear	6,635	2	3,317	133,25	0,000	0,9744
Quadrático	0,092	3	0,030	1,49	0,344	0,9879
Cúbico Especial	0,0003	1	0,0003	0,01	0,921	0,9879
Total Ajustado	6,809	9	0,756			

* $F_{\text{calc}} \geq F_{\text{tab}}$ há diferença a 5% de significância pelo teste F.

* $P \leq 0,05$ há diferença a 5% de significância pelo teste F.

O diagrama de Pareto (Figura 12) representa que quanto maior a concentração da FPGA presente nas formulações, maior é o índice de absorção de água e não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as interações da FPGA, FPGS e FB.

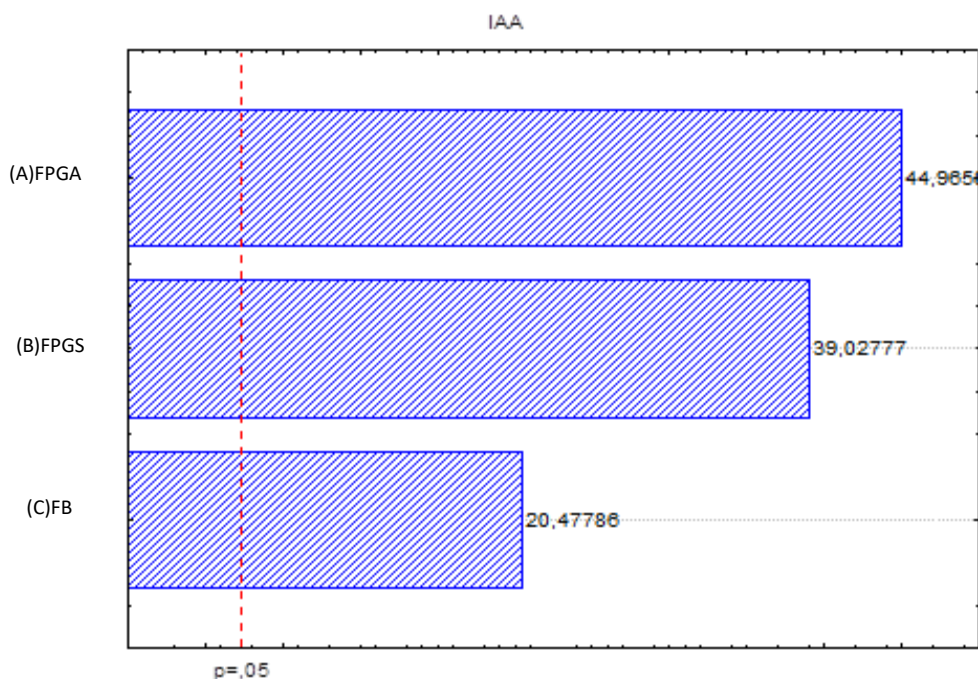


Figura 12. Diagrama de Pareto para ordenar a ocorrência da FPGA, FPGS e FB em relação ao IAA.

Neste trabalho para o índice de solubilidade em água, os valores encontrados variaram de 19,74 a 31,39%. Em alguns estudos os valores de ISA para extrusados à base de milho mostraram-se em torno de 8,88 a 32,79%. De acordo com Silva et al. (2013) os valores de ISA para a mistura de milho e feijão variaram entre 9,60 e 20,64 %, sendo

valores próximos aos analisados por Atienzo-Lazos et al. (2011), avaliando a mistura de feijão e milho nixtamalizado.

O modelo significativo do ISA foi o linear, em que o F_{calc} foi de 5,98 e o $F_{\text{tab } 2,9}$ foi de 4,26 (Tabela 11). Mesmo o modelo sendo significativo, o ajuste não foi superior a 70%, indicando que o modelo linear não teve um bom desempenho.

Tabela 11. Análise de variância referente ao índice de solubilidade em água das formulações.

ANOVA - ISA						
Modelos	SQ	GL	QM	F*	P*	R ²
Linear	81,75	2	40,87	5,98	0,03	0,630
Quadrático	30,09	3	10,03	2,26	0,22	0,863
Cúbico Especial	0,154	1	0,154	0,02	0,88	0,864
Total Ajustado	129,58	9	14,39			

* $F_{\text{calc}} \geq F_{\text{tab}}$ há diferença a 5% de significância pelo teste F.

* $P \leq 0,05$ há diferença a 5% de significância pelo teste F.

No diagrama de Pareto, pode-se observar que quanto maior são as concentrações de FPGA, FPGS e FB maior é o índice de solubilidade em água. Porém quando analisada as interações os valores negativos indicam que existe inversão do índice de solubilidade em água, ou seja, maiores valores entre as interações causam diminuição do ISA (Figura 13).

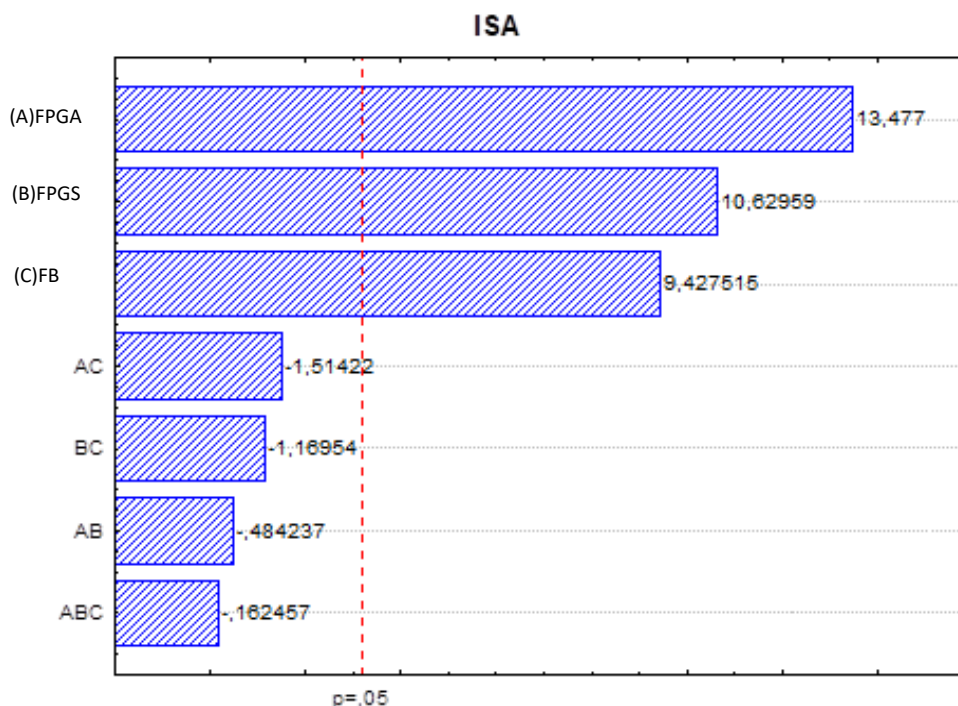


Figura 13. Diagrama de Pareto para ordenar a ocorrência da FPGA, FPGS e FB em relação ao ISA.

Por se tratar de um produto de preparo rápido, a formulação da sopa instantânea que apresenta maior ISA e IAA é escolhida, pois melhora as características do produto, como diminuição no tempo de preparo em função da maior solubilização e maior rendimento no produto final.

As Figuras 14 e 15 exibem as curvas de nível resposta, obtidas por meio dos modelos gerados para o índice de absorção de água (IAA) e para o índice de solubilidade em água (ISA), em função das diferentes concentrações de farinha pré-gelatinizada de arroz (FPGA), farinha pré-gelatinizada de sorgo (FPGS) e fécula de batata (FB) das sopas instantâneas experimentais.

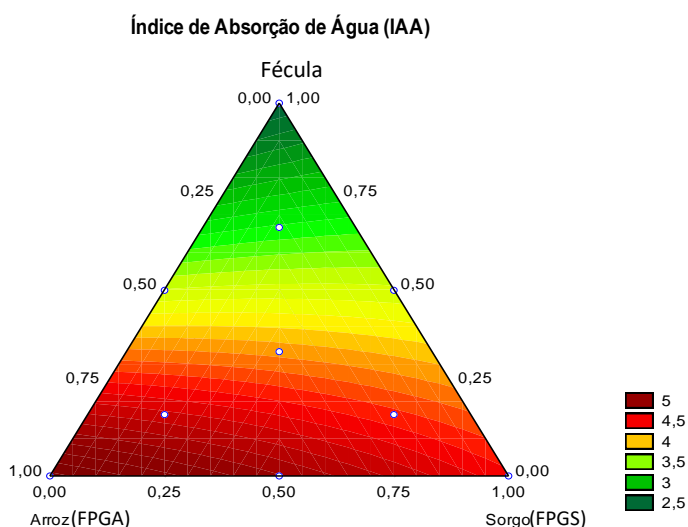


Figura 14. Curvas de níveis respostas relativas ao índice de absorção de água (IAA) das sopas instantâneas experimentais.

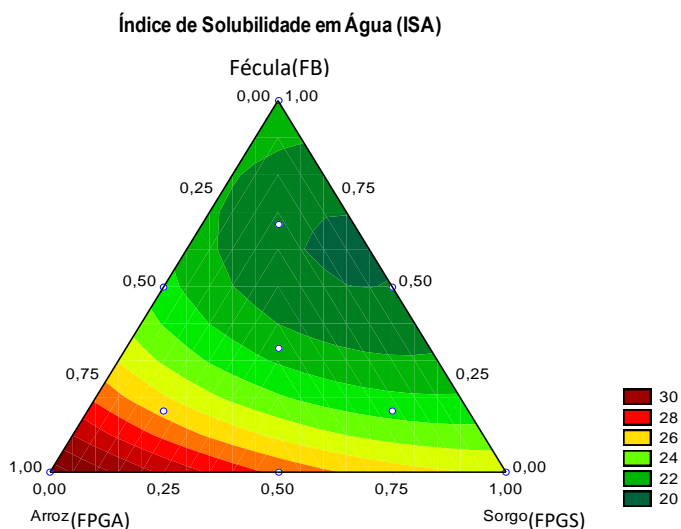


Figura 15. Curvas de níveis respostas relativas ao índice de solubilidade em água (ISA) das sopas instantâneas experimentais.

A partir das curvas de níveis apresentadas pela coloração avermelhada na Figura 12, pode-se observar que quanto maior são as concentrações da FPGA e da FPGS maiores são os índices de absorção de água.

Os grânulos de amido quando submetidos ao processo de extrusão sofrem uma gelatinização e as proteínas são desnaturadas, devido a umidade e temperatura elevadas (MARZEC e LEWICKI, 2006).

Quando o amido é gelatinizado, o mesmo apresenta maior capacidade de absorver água do que quando está em sua forma natural, devido a mudanças na conformação e na estrutura, o balanço hidrofílico/hidrofóbico é alterado e dessa forma contribui para o aumento ou diminuição do IAA (CHANG et. al. 2003).

Quanto ao índice de solubilidade em água (Figura 13), pode-se observar pela coloração avermelhada que quanto maior a concentração da FPGA, maior é o ISA.

De acordo com Ascheri (2010), os valores para o índice de solubilidade em água e para o índice de absorção de água, podem ser utilizados para estimar a aplicação de produtos amiláceos extrusados. Essas duas propriedades funcionais são bases para determinar a quantidade de água que será adicionada, quando se trata de produtos desidratados, pois envolvem a capacidade de ligação das pontes de hidrogênio.

O modelo significativo para a Cromaticidade foi o linear, em que o F_{calc} foi de 18,66 e o $F_{tab\ 3,9}$ foi de 3,86. Tanto o modelo quanto o ajuste foram significativos, pois o R^2 foi de 84%, conforme Tabela 12. Não houve diferença significativa entre as interações pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Tabela 12. Análise de variância referente a Cromaticidade das formulações.

ANOVA - Croma						
Modelos	SQ	GL	QM	F*	P*	R ²
Linear	43,79	2	21,89	18,66	0,001	0,842
Quadrático	7,77	3	2,59	23,87	0,005	0,991
Cúbico Especial	0,09	1	0,09	0,79	0,437	0,993
Total Ajustado	52,00	9	5,77			

* $F_{calc} \geq F_{tab}$ há diferença a 5% de significância pelo teste F.

* $P \leq 0,05$ há diferença a 5% de significância pelo teste F.

O diagrama de Pareto que representa a interação entre os compostos em relação a Cromaticidade está representado na Figura 16. Foi observado que, conforme a maior concentração FPGS, mais escura era a amostra, isto ocorre, pois, o sorgo é naturalmente mais pigmentado que arroz, logo conforme a presença deste composto na formulação mais escura ela será.

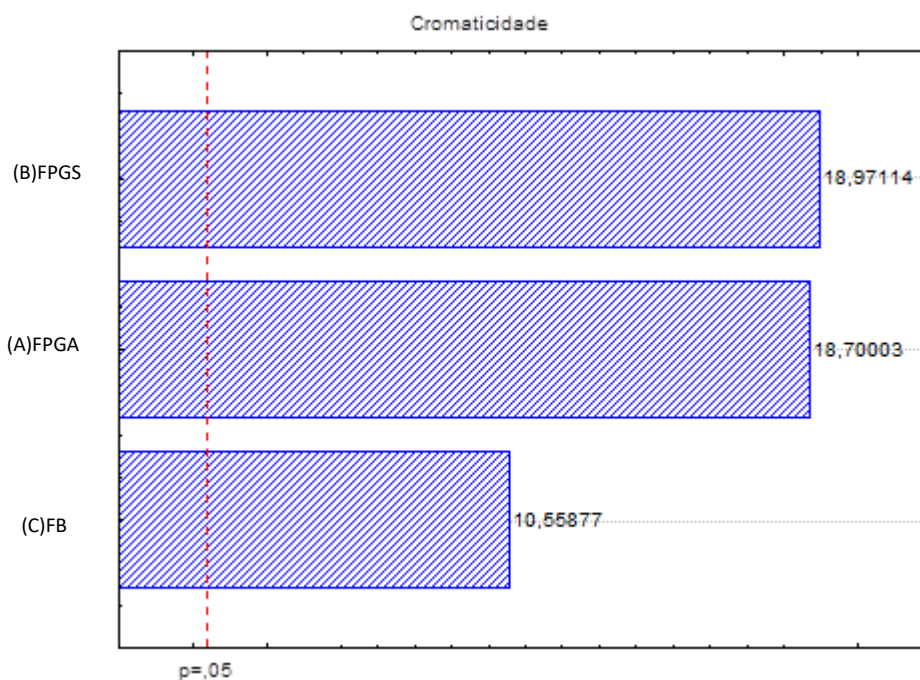


Figura 16. Diagrama de Pareto para ordenar a ocorrência da FPGA, FPGS e FB em relação a Cromaticidade.

Para o ângulo Hue, o modelo significativo foi o linear, em que o F_{calc} foi de 34,00 e o $F_{\text{tab } 2,9}$ foi de 4,26. Não houve diferença a 5% de significância entre as interações (Tabela 13).

Tabela 13. Análise de variância referente ao ângulo Hue das formulações.

ANOVA - °Hue						
Modelos	SQ	GL	QM	F*	P*	R ²
Linear	78,57	2	39,28	34,00	0,000	0,90
Quadrático	4,46	3	1,54	1,79	0,289	0,96
Cúbico Especial	2,03	1	2,03	4,32	0,129	0,98
Total Ajustado	86,66	9	9,62			

* $F_{\text{calc}} \geq F_{\text{tab}}$ há diferença a 5% de significância pelo teste F.

* $P \leq 0,05$ há diferença a 5% de significância pelo teste F.

No diagrama de Pareto, pode-se observar que não houve diferença entre os compostos FPGA, FPGS e FB a 5% de significância. Quanto maior a concentração de FPGA maior é a luminosidade da amostra (Figura 17).

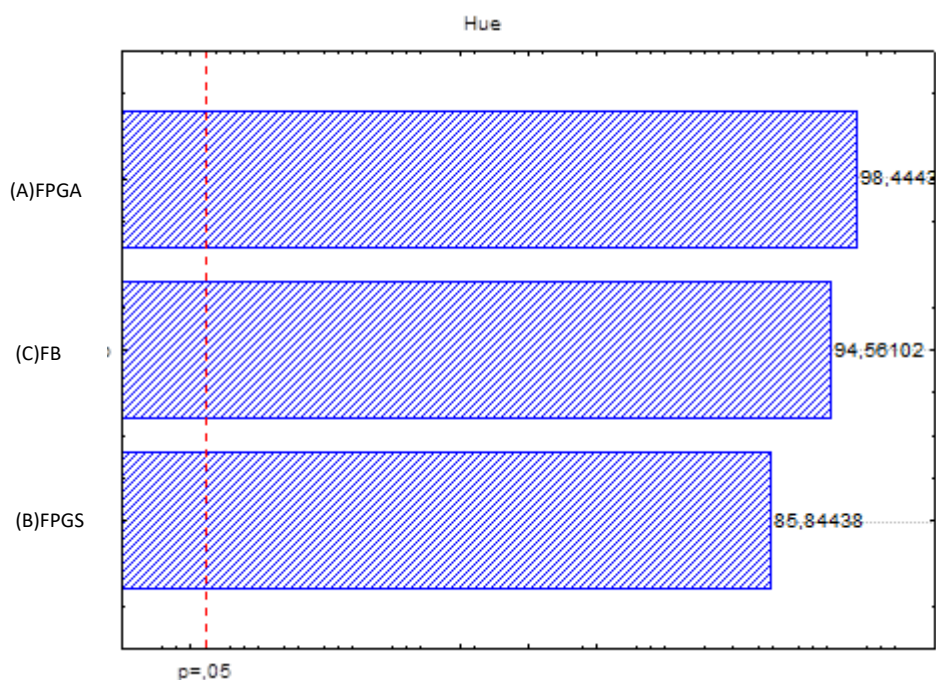


Figura 17. Diagrama de Pareto para ordenar a ocorrência da FPGA, FPGS e FB em relação ao °Hue.

Segundo Reis (2007), para a escolha de um alimento o fator inicial que é considerado pelo consumidor é a cor.

Os valores de L^* (luminosidade ou brilho) variam do preto (0) ao branco (100), os valores do croma a^* variam do verde (-80) ao vermelho (100) e os valores do croma b^* variam do azul ao amarelo, ou seja, de -80 a 70, respectivamente (GLIEMMO et al., 2009).

Os resultados dos parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), Croma e o °Hue estão apresentados na Tabela 14. Os valores de luminosidade das formulações das sopas instantâneas variaram de 69,22 a 84,76, para a^* os valores foram de 2,04 a 5,91, e para b^* foram de 8,33 a 16,07.

Os resultados indicam que as formulações aproximam mais da coloração amarela e não da azul e tendem levemente para a coloração vermelha e não para verde. Em relação à luminosidade (L^*), as dez amostras tendem para coloração mais clara.

Tabela 14. Resultados dos parâmetros instrumentais de cor (L*, a* e b*), Croma e o °Hue das formulações.

Tratamento	L*	a*	b*	Croma	°Hue
F1	78,55	3.44	16.07	16,43	77,90
F2	69,22	5.91	14.71	15,86	68,10
F3	84,67	2.04	8.33	8,58	76,24
F4	74,01	3.45	12.83	13,28	74,92
F5	81,98	2.49	10.76	11,04	76,97
F6	74,80	4.16	12.15	12,84	71,09
F7	77,08	3.54	11.72	12,24	73,17
F8	76,70	3.57	13.45	13,91	75,13
F9	73,47	4.49	12.77	13,54	70,61
F10	80,29	3.08	10.09	10,55	73,09

O comportamento da saturação de cor na amostra é representado pela cromaticidade (Croma), sendo que os valores próximos a zero simbolizam cores mais acinzentadas e os valores próximos a 60 possuem cores mais intensas (BEM et al., 2012).

Os menores valores para Croma foram encontrados na região esverdeada, em que apresenta maior concentração de fécula de batata. Os maiores valores para Croma foram encontrados na região mais avermelhada do gráfico representado pela Figura 18, em que há maior concentração de FPGA e de FPGS.

O °Hue indica a tonalidade da cor propriamente dita das amostras. Este ângulo pode sofrer variação de 0 a 90°, que quanto mais próximo a zero mais próximo será a tonalidade vermelha e quanto mais próximo a 90° mais próximo a tonalidade amarela. As maiores variações para °Hue foram encontradas na região de maior concentração de FPGA e FB. Os menores valores atribuídos para °Hue foram encontrados na região delimitada pelas maiores concentrações de FPGS.

Portanto, pode-se observar que nas Figuras 18 e 19, que estão representadas pelas curvas de nível resposta para a Cromaticidade e para o °Hue que em relação a coloração as formulações que tiveram maiores concentrações de FPGA apresentam cores intensas e mais claras.

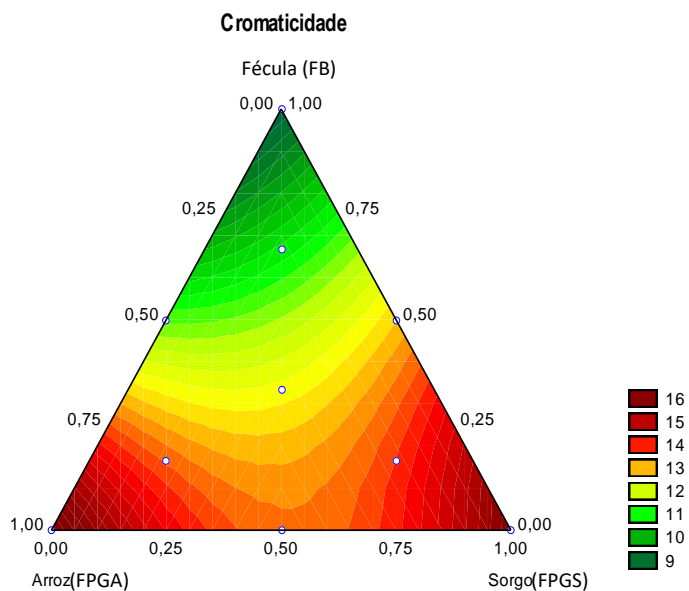


Figura 18. Curvas de níveis respostas relativas a Cromaticidade das sopas instantâneas experimentais.

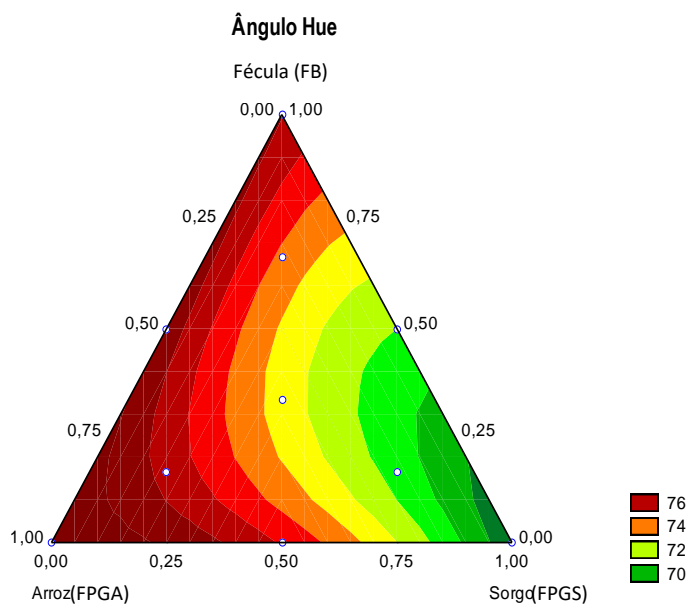


Figura 19. Curvas de níveis respostas relativas ao Ângulo Hue das sopas instantâneas experimentais.

A propriedade de viscosidade da farinha pré-gelatinizada é importante, pela sua aplicabilidade em diferentes produtos. As modificações de viscosidade dos extrusados têm sido demonstradas em diversos estudos e são afetadas pelas condições de operação do processo de extrusão (GUHA, ALI e BHATTACHARYA, 1998).

Tabela 15. Análise de variância referente a viscosidade das formulações.

ANOVA - Viscosidade						
Modelos	SQ	GL	QM	F*	P*	R²
Linear	0,002	2	0,001	1,45	0,29	0,29
Quadrático	0,005	3	0,001	11,56	0,01	0,92
Cúbico Especial	0,000	1	0,000	3,84	0,14	0,96
Total Ajustado	0,009	9	0,001			

* $F_{\text{calc}} \geq F_{\text{tab}}$ 05 há diferença a 5% de significância pelo teste F.

* $P \leq 0,05$ há diferença a 5% de significância pelo teste F.

O modelo que teve significância para a viscosidade foi o quadrático, que apresentou F_{calc} de 11,56 e F_{tab} 3,9 de 3,86, ou seja, quando o $F_{\text{calc}} \geq F_{\text{tab}}$ há significância, e isto pode ser confirmado pelo valor do R^2 que foi de 92% (Tabela 15).

Conforme representado no diagrama de Pareto (Figura 20), houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as interações, exceto na ABC. Foi avaliado que quanto maior a concentração de A maior foi a viscosidade e quando houve as interações de AC, AB e BC a viscosidade diminuiu.

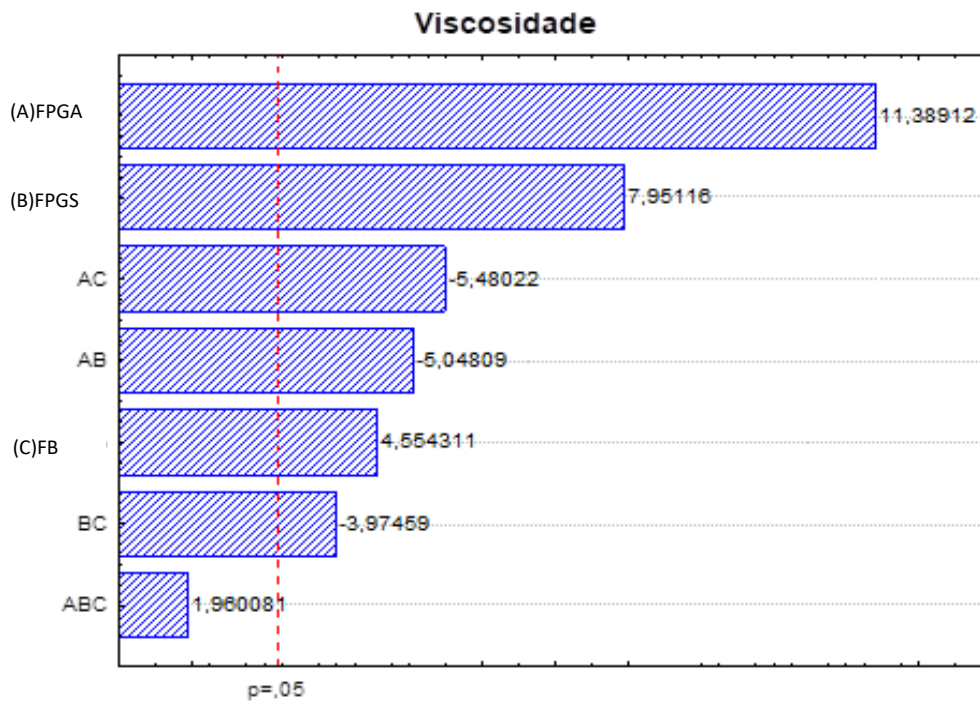


Figura 20. Diagrama de Pareto para ordenar a ocorrência da FPGA, FPGS e FB em relação a Viscosidade.

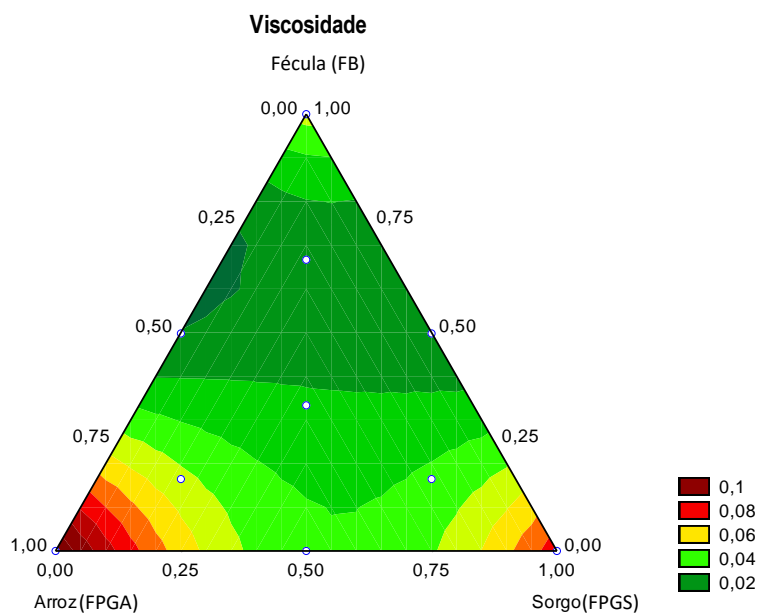


Figura 21. Curvas de níveis respostas relativas a Viscosidade das sopas instantâneas experimentais.

A viscosidade das formulações foi medida a temperatura de 60°C, temperatura esta, que foi determinada por ser a de consumo de alimentos quentes (AZEVEDO et al., 2006).

Pode ser observado pela superfície de resposta, representada na Figura 21, que a viscosidade foi maior conforme o aumento das concentrações de FPGA e FPGS.

A viscosidade quando analisada em temperaturas mais elevadas indica as possibilidades de aplicação das farinhas pré-gelatinizadas. Quando, por exemplo, a farinha for utilizada no preparo de sopas, caldos ou outros alimentos em que é necessário conservar a viscosidade em temperaturas acima do ambiente (SILVA et al., 2008).

Durante a análise há aumento da viscosidade na fase inicial de aquecimento, pois é neste período que os grânulos de amido iniciam o poder de inchamento e as moléculas de amilose são lixiviadas desses amidos (FERNÁNDEZ MUÑOZ et al., 2011).

Após análise das propriedades tecnológicas das formulações experimentais realizou-se o teste de desejabilidade e a amostra mais desejável foi a que apresentou maior IAA, ISA maior, maior viscosidade, maior luminosidade ($^{\circ}$ Hue) e menores parâmetros instrumentais de croma a^* e b^* . O resultado indicou que a melhor formulação (MF) foi a que apresentou as concentrações reais de 80% de FPGA, 10% para FPGS e 10% de FB, sendo esta a formulação experimental 1 (Figura 22).

Perfil de Valores Preditos e Desejabilidade

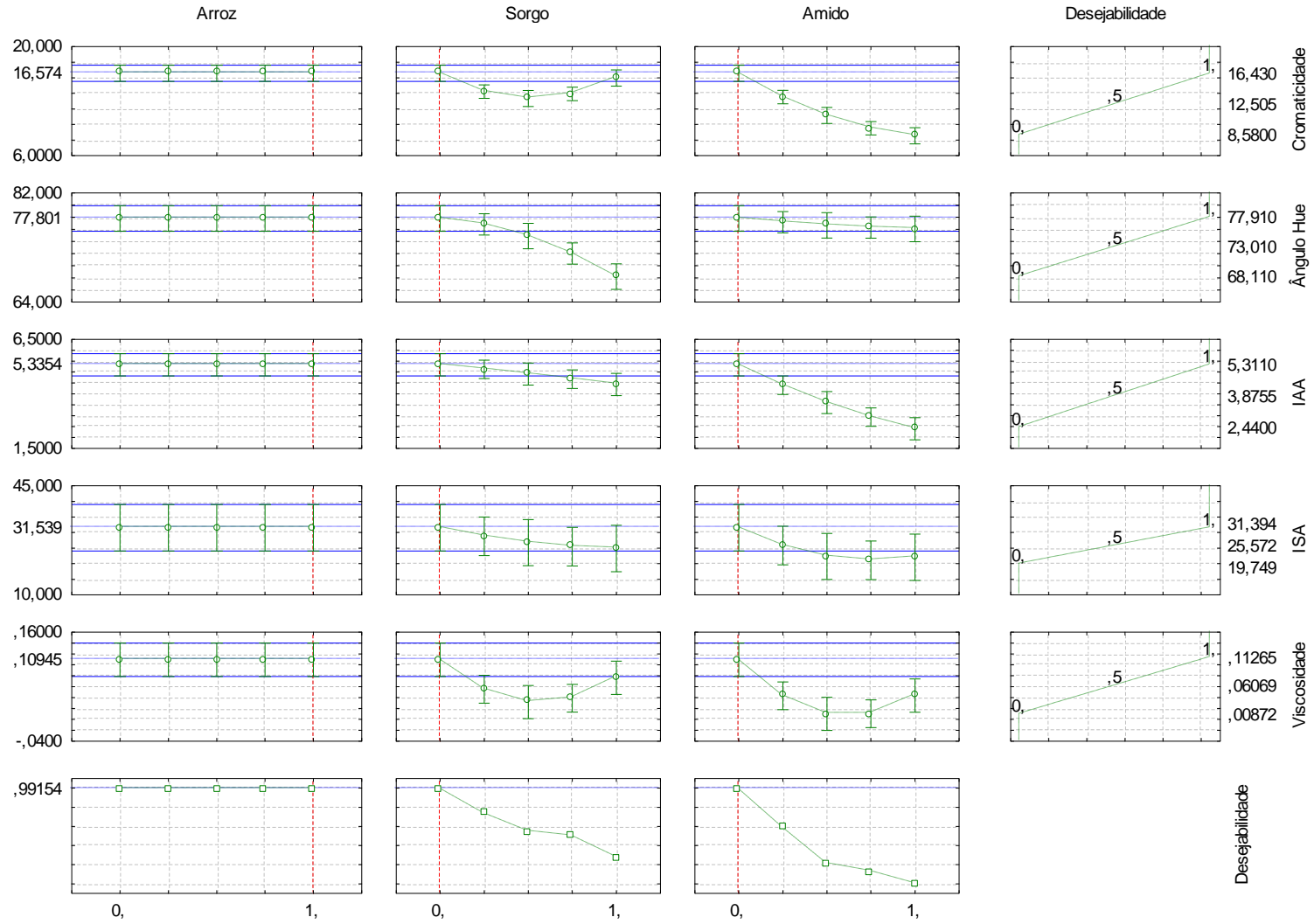


Figura 22. Gráficos referentes ao perfil da Desejabilidade da melhor formulação da sopa instantânea.

A Tabela 16 representa os dados relacionados com a composição centesimal e nutricional da melhor formulação da sopa instantânea, selecionada pelo teste de desejabilidade.

Tabela 16. Composição centesimal da sopa instantânea experimental selecionada pelo teste de desejabilidade, formulada com 80% de FPGa, 10% de FPGS e 10% de FB.

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL	MF
Umidade (g.100g ⁻¹)	4,93 ± 0,01
Cinzas (g.100g ⁻¹)	9,21 ± 0,01
Lipídios (g.100g ⁻¹)	1,16 ± 0,03
Proteínas (g.100g ⁻¹)	6,82 ± 0,03
Carboidratos (g.100g ⁻¹)	77,86 ± 0,09
pH (g.100 g ⁻¹)	5,77 ± 0,03
Acidez Total Titulável (g.100 g ⁻¹)	2,42 ± 0,08
Valor Energético Total (kcal.100g ⁻¹)	349,24 ± 0,06
MACRONUTRIENTES (g.100g⁻¹)	
N	0,6 ± 0,06
P	0,9 ± 0,01
K	1,1 ± 0,02
Ca	0,1 ± 0,01
Mg	0,54 ± 0,08
S-SO ₄	2,4 ± 0,02
MICRONUTRIENTES (mg.100g⁻¹)	
Fe	22,6 ± 0,03
Mn	6,2 ± 0,03
Cu	1,5 ± 0,05
Zn	9,7 ± 0,03
B	0,4 ± 0,03

A mistura das farinhas pré-gelatinizadas da sopa instantânea desenvolvida neste trabalho é um alimento inovador no mercado, tendo poucas referências bibliográficas em relação as propriedades tecnológicas e também não havendo ainda tanta exploração em relação a composição centesimal.

A melhor formulação apresentou teor de umidade dentro do percentual máximo permitido de 13% (Brasil, 2000), e possui alto teor de proteínas, já que atinge 13,64% e 20,05% da ingestão diária recomendada, para adultos e crianças, respectivamente (INSTITUTE OF MEDICINE US, 2003). A formulação também apresentou alto teor de carboidratos (77,86%), os carboidratos devem fornecer 45-65% das calorias diárias de uma dieta (USDA, 2005).

Em estudos realizados foram encontrados em sopas desidratadas elaboradas com farinhas de tubérculos de batata baroa, especiarias desidratadas e leite em pó integral

valores de proteínas que variam de 9,60 a 10,7%, cinzas de 6,22 a 6,77% e lipídios de 9,65 a 10,68% (GARCIA et al., 2007).

De acordo com Holanda (2015), foi encontrado para sopa de vegetais e carne a base de maracujá silvestre o conteúdo de $1,03 \text{ g} \cdot 100^{-1}$ de cinzas. Neste trabalho o valor encontrado foi de $9,21 \text{ g} \cdot 100^{-1}$, maior que o valor referenciado. As cinzas representam o conteúdo total de minerais presentes na amostra e pode ser utilizada como medida geral da qualidade e critério na identificação de alimentos. O teor das cinzas é importante para alimentos ricos em determinados minerais, influenciando em seu valor nutricional (ZAMBIAZI, 2010).

Foram encontrados valores de $81,32 \text{ mg}/100\text{g}$ de Mg, $775,66 \text{ mg}/100\text{g}$ de K, $18,61 \text{ mg}/100\text{g}$ de Ca, $1,21 \text{ mg}/100\text{g}$ de Mn, $2,95 \text{ mg}/100\text{g}$ de Fe, $0,32 \text{ mg}/100\text{g}$ Cu e $2,34 \text{ mg}/100\text{g}$ de Zn, para farinha pré-gelatinizada mista de arroz, feijão e milho (MOURA, 2012). Neste trabalho, foram encontrados para o índice de Fe $22,63 \text{ mg}/100\text{g}$, para o Zn $9,73 \text{ mg}/100\text{g}$ e para o Mg $0,54 \text{ g}/100\text{g}$, esses valores foram superiores aos referenciados.

De acordo com a IDR- Ingestão Diária Recomendada, a quantidade necessária a ser ingerida por dia para adultos seria 14mg para ferro, 260 mg para magnésio e 7mg para zinco (FAO/OMS, 2001). Desta forma, a quantidade de ferro, magnésio e zinco presente neste alimento supre o valor a ser consumido diariamente tanto para adulto quanto para criança, considerando 100g de consumo diário.

O valor calórico encontrado neste experimento foi elevado, sendo de $349,24 \text{ kcal} \cdot 100\text{g}^{-1}$, valor este aproximado ao que foi encontrado na Tabela de Composição de Alimentos para sopas desidratadas, segundo o estudo nacional da despesa familiar (ENDEF) que é de $364 \text{ kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (IBGE, 1999).

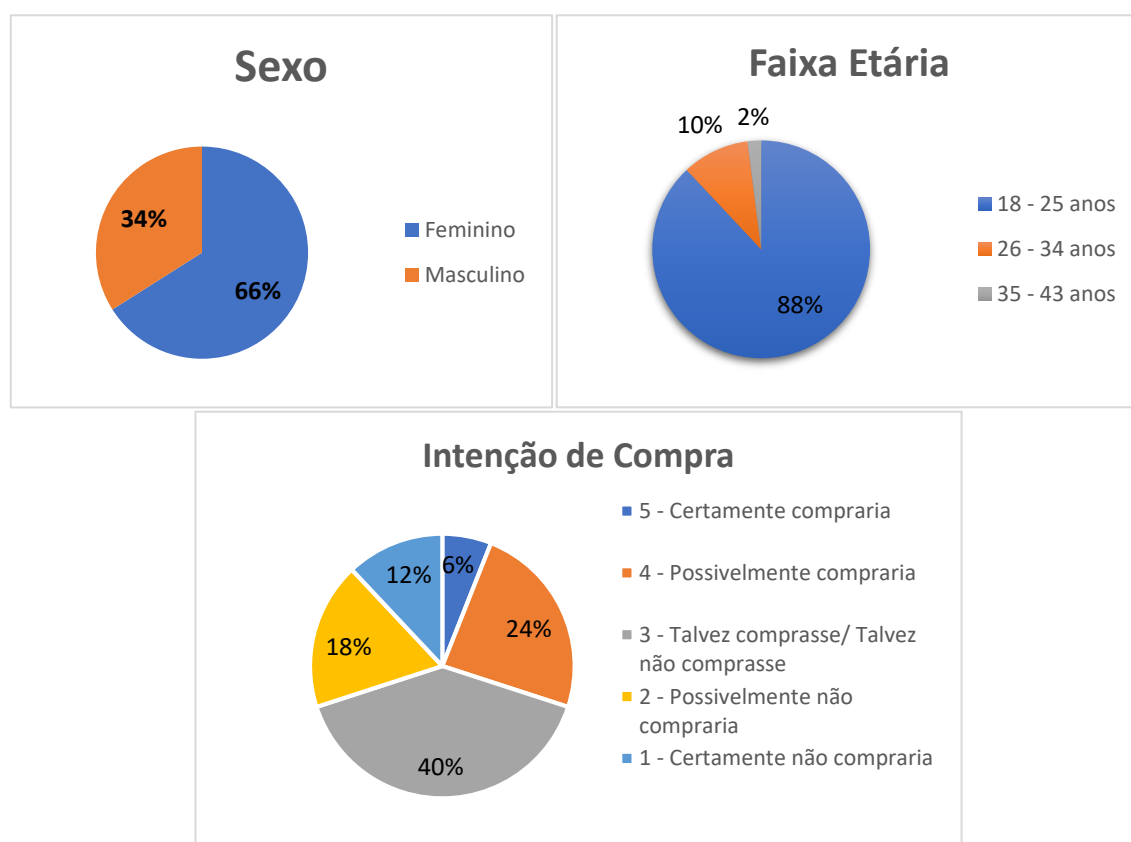
Após a realização das análises físicas e químicas, partiu-se para a caracterização microbiológica da melhor formulação definida pelo teste de desejabilidade, que demonstrou que o produto estava de acordo aos padrões microbiológicos estabelecidos pela Resolução RDC nº 12 da Agência Nacional de Vigilância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

Tabela 17. Análise microbiológica da melhor formulação (MF) da sopa instantânea.

Parâmetros	Resultado (UFC/g)	Padrões	
		Mínimo	Máximo
Coliformes a 45°C	< 1,0 x 10	-	1,0 x 10 ²
Bacillus cereus	< 1,0 x 10 ²	-	1,0 x 10 ³
Salmonella spp	Ausente em 25g	-	Ausente em 25g

A avaliação da aceitação de um novo alimento é o ponto de maior importância no desenvolvimento de novos produtos. Para esta avaliação são utilizados métodos afetivos, que medem de forma subjetiva a aceitação e as intenções dos consumidores junto ao produto de forma individualizada ou em relação a outros.

A partir dos questionários aplicados, foi possível realizar o perfil dos provadores em relação ao sexo, a faixa etária, e a intenção de compra, esses dados estão apresentados na Figura 23.

**Figura 23.** Distribuição dos provadores em relação ao sexo, faixa etária e intenção de compra da sopa instantânea.

Do total de 50 provadores que realizaram o teste de aceitação sensorial da sopa instantânea de farinha pré-gelatinizada de grãos de sorgo e quirera de arroz, a maioria eram mulheres na faixa de 18 a 25 anos. A maioria dos provadores apresentou faixa etária entre 18 a 25 anos (88%) e 26 a 34 anos (10%), enquanto apenas 2% dos provadores apresentaram faixa etária entre 35 a 43 anos, caracterizando assim um público jovem.

Quanto à intenção de compra da sopa instantânea, 5% dos provadores certamente comprariam, 24% possivelmente compraria, 40% talvez comprasse/talvez não comprasse, 18% possivelmente não compraria e 6% certamente não compraria. Com isso, observa-se que a maioria dos provadores apresentou grande intenção de compra para este tipo de produto (sopa instantânea), apresentando um potencial mercado de compra e consumo por esses provadores.

O ponto de corte estabelecido para aceitação sensorial das amostras foi definido conforme Gurgel et al. (2011), sendo o ponto 6 que corresponde a “gostei ligeiramente” na escala hedônica de 9 pontos.

O teste de aceitabilidade mostrou que os atributos sabor e aroma foram positivos, pois receberam nota 8 em maior porcentagem, que corresponde a “gostei moderadamente”. A textura, o aroma e a cor também receberam avaliação positiva, as notas foram 7, que significa “gostei regularmente”.

Ao relacionar o atributo textura a análise de viscosidade, pode-se observar que por ser um alimento que apresentou maior viscosidade por ter maiores concentrações de farinha pré-gelatinizada de arroz, a viscosidade correlacionou-se bem com os atributos de textura sensorial. Além disso, a intensidade do sabor e a cor pareciam ser parcialmente mescladas pela viscosidade da sopa.

A avaliação global da amostra teve aceitação positiva, e recebeu nota 8 em maior porcentagem, que significa “gostei moderadamente”.

De acordo com a Figura 24, a sopa instantânea foi aceita sensorialmente em todos os atributos analisados pelos provadores.

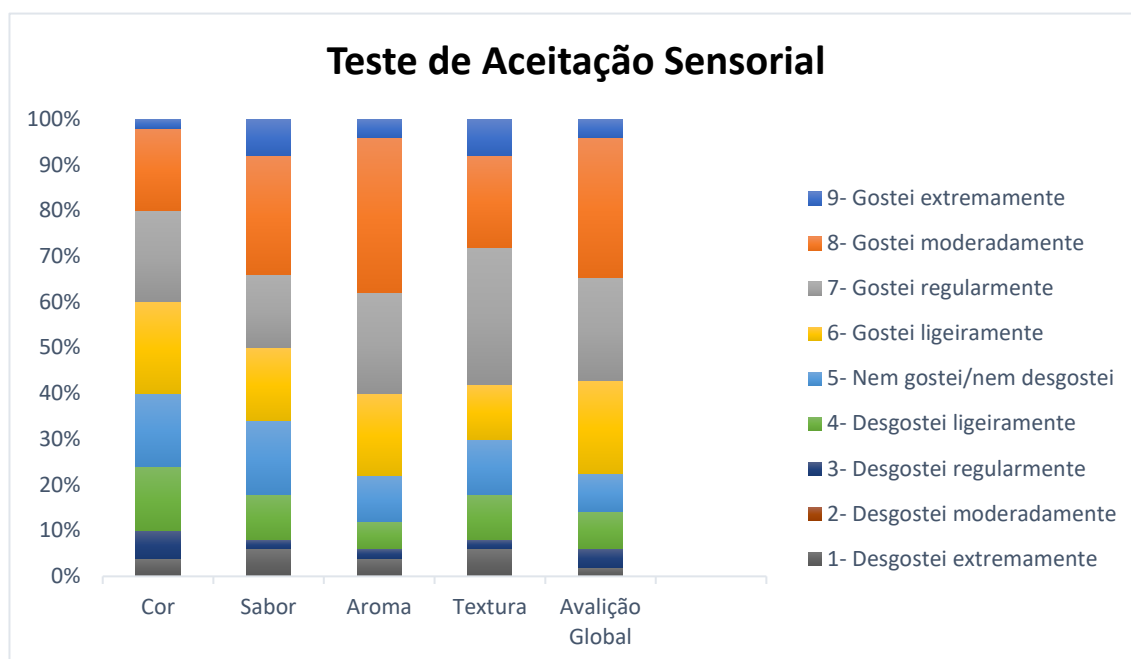


Figura 24. Teste de Aceitação Sensorial da melhor formulação da sopa instantânea.

5.2.4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram a formulação da sopa instantânea na proporção de 80:10:10, da farinha pré-gelatinizada de arroz, da farinha pré-gelatinizada de sorgo e da fécula de batata, permite o desenvolvimento experimental de um novo produto com boas características nutricionais. Foi obtido um alimento com boas características tecnológicas solubilidade e absorção em água, boa viscosidade, coloração clara e com boa aceitação sensorial pelos provadores.

Assim, pode-se concluir que o aproveitamento de um coproduto da industrialização do arroz e os grãos de sorgo podem ser aplicados na elaboração de novos alimentos e se tornar uma fonte viável para agregar valor a essas matérias-primas, além de apresentarem uma fonte alternativa de introdução a componentes nutricionais na forma de alimentos consumidos em larga escala, como as sopas instantâneas.

5.2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9 ed. Saint Paul, 2000.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIF-FN, L. J. Gelatinization of corn grift by roll and extrusion cook. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v. 14, n. 1, p. 4-11, 1969.

APHA. American public health association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**, Washington, ed. 4, p. 676, 2001.

ASCHERI, J.L.R. **Curso de processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal**. EMBRAPA, Abril, 2010, 88p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: A.O.A.C. 17th ed., 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. Editor: Dr. William Horwitz. A.O.A.C. 18 ed. Gaithersburg: AOAC International, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Especificações de cores de acordo com o sistema de notação Munsell** - NBR 12694. Rio de Janeiro, 1992.

ATIENZO-LAZOS, M.; DELGADO, E.; OCHOA-MARTÍNEZ, A.; AGUILAR-PALAZUELOS, E.; MARTINEZ, B.F.; RAMIREZWONG, B.; GALLEGOS-INFANTE, J.A.; MEDRANO-ROLDAN, H.; SOLIS-SOTO, A. Effect of moisture and temperature on the functional properties of composite fl our extrudates from beans (*Phaseolus vulgaris*) and nixtamalized corn (*Zea mays*). **Journal of Animal Production Advances**, v.1, n.1, p. 9-20, 2011.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, New York, v. 65, p. 1199-1221, 2004.

AZEVEDO, C. S. C.; ARAÚJO, E. S.; DIAS, J. M. M.; BLASSIOLI, M. L. E. Boas Práticas de Manipulação de Alimentos. Secretaria Municipal de Saúde. 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília 10 jan. 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDCnº93 de 31 de Outubro de 2000. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia**. Brasília, DF: ANVISA, 2000. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/59cd1a004745896b9384d73fbc4c6735/RD_C_93_2000.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

BEM, M. S.; POLES, L. F.; SARMENTO, S. B. S.; ANJOS, C. B. P. Physicochemical and sensory properties of pasta prepared legume flours hidrothermally treated. **Alimentos e Nutrição, Araraquara**, v. 23, n. 1, p. 101-110, 2012.

CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M.; SILVA, P. A.; ASSIS, G. T.; ASCHERI, J. L. R. Caracterização tecnológica de extrusados de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 34, n. 4, p. 995-1003, jul./ago. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400028>

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

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**, v. 20, n. 2, p. 129-137, 2003.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 32, n. 5, p. 1543-1550, set./out. 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000500028>

CIE- Commission Internationale de l'Eclairage. Colorimetry Publication CIE 15. 3 ed. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Eclairage, 2004.

CORNELL, J. A. Experiments with mixtures: A review. *Technometrics, Boston*, v. 15, n. 3, p. 437-455, 1973.

CORNEL, J. A. Experiments with mixtures: designs, models and the analysis of mixture data, John Wiley and Sons, New York, 2002.

DEL CASTILLO, V.; LESCANO, G.; ARMADA, M. Formulación de alimentos para celíacos con base en mezclas de harinas de quínoa, cereales y almidones. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Caracas**, v. 59, n. 3, p. 332-336, 2009.

USDA-United States Department of Agriculture. National Agricultural Library. **Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (2002/2005)**.

DING, Q.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering, Oxford**, v. 66, n. 3, p. 283-289, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.03.019>

FERNÁNDEZ-MUÑOZ, J. L.; ACOSTA-OSÓRIO, A. A.; ZELAYA-ANGEL, O.; RODRÍGUEZ-GARCIA, M. E. Effect of calcium content in the corn flour on RVA profiles. **Journal of Food Engineering, Maryland Heights**, v. 102, n. 1, p. 100-103, 2011.

GARCIA, A.; PACHECO-DELAHAYE, E.; TOVAR, J.; PEREZ, E. Caracterización físico-química y funcional de las harinas de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) para sopas instantáneas. **Ciencia y Tecnología Alimentaria**. México, v. 5, p. 384-393, 2007.

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

GURGEL, C. S. S.; MACIEL, J. F.; FARIAS, L. R. G.; COSTA, M. J. C.; MOREIRA, R. T. Consumer acceptance and purchase intention of bread enriched with milk serum and calcium carbonate. **Rev Inst Adolfo Lutz**. 2011; 70(3):283-9.

HOLANDA, D. K. R. **Desenvolvimento e caracterização de sopa de vegetais e carne a base de maracujá silvestre (passiflora TENUIFILA killip) submetida ao processo de esterilização**. Dissertação. 71f. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.

HUNTERLAB. **User's manual with universal software versions 3.5**. Reston, Hunterlab, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela de composição de alimentos: estudo nacional da despesa familiar (ENDEF)**. 5. ed. Rio de Janeiro, 1999. 137 p.

INSTITUTE OF MEDICINE (USA). (2003). Committee on the use of dietary reference intake in nutrition labeling. **Dietary reference intake: Guiding principles for nutritional labeling and fortification**. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/10872.html>> Acesso em: 10 de outubro de 2017.

KADAN, R. S.; BRYANT, R. J.; MILLER, J. A. Effects of milling on functional properties of rice flour. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 4, p. 151-154, 2008. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00720.x>

LAZOU, A.; KROKIDA, M. Functional properties of corn and corn-lentil extrudates. **Food Research International**, n.43, p. 609-616, 2010.

LIMBERGER, V. M.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D.; BRUM, F. B.; SILVA, T. E. L. P. Produção de salgadinho extrudado de quirera de arroz para uso na indústria de alimentos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2590-2594, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009000900032>

MARZEC, A.; LEWICKI, P. P. Antiplasticization of cereal-based products by water. Part I: Extruded fl at bread. **J. Food Eng.**, v. 73, p.1-8, 2006.

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington, DC: US Department of Agriculture, 1973 (Agriculture Handbook, 74).

MORATOYA, E. E.; CARVALHAES, G. C.; WANDER, A. E.; ALMEIDA, L. M. D. M. C. Mudanças no padrão de consumo alimentar no Brasil e no mundo. **Revista de Política Agrícola, Brasília**, v. 22, n. 1, p. 72-84, 2013.

MOURA, L. S. M. **Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas instantâneas de arroz, milho e feijão por extrusão termoplástica**. Dissertação. 123f. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2012.

OIKONOMOU, N. A.; KROKIDA, M. K. Water absorption index and water solubility index prediction for extruded food products. **International Journal of Food Properties**, v.15, n.1, p. 157-168, 2012.

ROONEY, L. W. Food and nutritional quality of sorghum and millet. **INTSORMIL Annual Report**, Lincoln, p. 91-93, 2007.

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

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R. Extrusão de quirera de arroz para uso como ingrediente alimentar. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 12, n. 3, p. 190-199, jul./set. 2009. <http://dx.doi.org/10.4260/BJFT2009800900012>

SILVA, E. M. M.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R.; TEBA, C. S. Efeito da extrusão termoplástica nas características de viscosidade de pasta, solubilidade e absorção de água de farinhas pré-gelatinizadas de milho e feijão carioca (BRS PONTAL). **B.CEPPA**, Curitiba, v. 31, n. 1, p. 99-114, jan./jun. 2013.

SNIFFEN, C.J.; PEREZ, V. D. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, n.11, p. 3562-3577, 1992.

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

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. Florida, Academic Press, Cap. 7, p. 227–252, 1992.

REIS, F.R. Efeito dos processos de branqueamento e acidificação sobre a cor e a absorção de gorduras de batatas-palha. 2007. 52 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

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

VAN BOEKEL, S.; ASCHERI, J. L. R.; MAIA, M. C. A. (*in memoriam*); COUTO, M. A. P. G.; ORTIZ, J. R.; LIMA, E.; CABRAL, J. Efeito das condições de extrusão na farinha instantânea mista de arroz, soja e coprodutos da laranja-pera (*Citrus Sinensis* Osbeck). **Journal of Fruits and Vegetables**, v. 1, n. 1, p. 39-44, 2015.

ZAMBIAZI, R. C. **Análise físico-química de alimentos**. Pelotas: UFPel, 2010. 202 p.

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

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram produzidas farinhas pré-gelatinizadas de arroz e farinhas pré-gelatinizadas de sorgo e foram avaliadas suas características nutricionais e tecnológicas. Ambas as farinhas apresentaram boas características tecnológicas que as tornaram viáveis para a elaboração de um novo produto. A partir de um delineamento experimental de misturas foi desenvolvida uma sopa de preparo instantâneo, que por sua vez apresentou características nutricionais e tecnológicas favoráveis, e ao ser submetida a análise sensorial teve uma aceitação positiva em relação a todos os atributos avaliados.

Os resultados encontrados neste trabalho permitiram ampliar as diversas possibilidades para a aplicação das farinhas pré-gelatinizadas de arroz e das farinhas pré-gelatinizadas de sorgo como ingrediente na elaboração de novos produtos alimentícios, valorizando e aumentando o aproveitamento de um coproduto e um grão pouco utilizado na alimentação humana, no caso a quirera de arroz e o sorgo, respectivamente.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado (a) como voluntário(a) a participar da pesquisa: intitulada “FARINHA PRÉ-GELATINIZADA DE GRÃOS DE SORGO E QUIRERA DE ARROZ E SUA APLICABILIDADE NA ELABORAÇÃO DE UMA SOPA INSTANTÂNEA”. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, este documento deverá ser assinado em duas vias, sendo a primeira de guarda e confidencialidade do Pesquisador (a) responsável e a segunda ficará sob sua responsabilidade para quaisquer fins.

Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável Mayra C. Peixoto Martins Lima, através do telefone (62) 998684599 ou através do email: mayra.martins@ifgoiano.edu.br. Em caso de dúvida sobre a ética aplicada a pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal Goiano (situado na Rua 88, nº280, Setor Sul, CEP 74085-010, Goiânia, Goiás. Caixa Postal 50) pelo telefone: (62) 3605 3600 ou pelo email: cep@ifgoiano.edu.br.

1. **Justificativa, os objetivos e procedimentos**

Esta pesquisa tem como motivação utilizar um coproduto da indústria, no caso a quirera de arroz e o sorgo, que além de ser um alimento integral e sem glúten, é produzido em larga escala no Brasil.

Criar um novo produto que não só seja aceito sensorialmente pelos celíacos, mas de modo geral, uma vez que a maioria dos produtos já existentes no mercado hoje, que são sem glúten não apresentam uma boa aceitação sensorial, portanto espera-se criar um produto que tenha características que agrade ao palato dos consumidores.

Contudo a realização deste trabalho propõe a busca de maiores informações quanto à composição e características funcionais, nutricionais, e tecnológicas do sorgo quando aplicado a alimentos consumidos diariamente, colaborando para o desenvolvimento de novos produtos que proporcionam benefícios a saúde de indivíduos saudáveis, assegurando assim o estado nutricional de pacientes celíacos.

O objetivo desse projeto é produzir farinhas pré-gelatinizadas de quirera de arroz e grãos de sorgo vermelho sem tanino que serão aplicadas na elaboração de uma sopa instantânea, visando aumentar os valores nutricionais dos produtos e reduzir o custo dos mesmos, bem como caracterizar a sopa quanto às propriedades químicas, físicas, tecnológicas, microbiológicas e sensoriais.

Para a coleta de dados da sopa, as formulações passarão por um teste estatístico de desejabilidade, escolhendo assim a sopa que melhor apresentar características físico-químicas, tecnológicas e isenta de contaminação microbiológica.

A análise sensorial será realizada com 50 provadores não treinados e consistirá em avaliar as três amostras provenientes da melhor formulação da sopa instantânea quanto aos atributos sensoriais de aparência, aroma, sabor e textura através dos testes sensoriais de aceitação utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de desgostei gostei extremamente (“1”) a gostei extremamente (“9”), teste sensorial de

intenção de compra por meio de escala estruturada de cinco pontos (1 = certamente não compraria; 2 = provavelmente não compraria, 3 = talvez compraria, 4 = provavelmente compraria e 5 = certamente compraria).

Todas as amostras serão identificadas por códigos de forma aleatória com três dígitos e serão analisados atributos como coloração, aroma e sabor.

Será servido um copo de água mineral em temperatura ambiente para que possa realizar o enxágue da boca entre um intervalo de uma amostra e outra. O produto será elaborado em condições adequadas de higiene prezando pela segurança do alimento dos avaliadores.

Os avaliadores selecionados para a realização do experimento não poderão ingerir antes da avaliação sensorial qualquer tipo de alimento que deixe resíduo na boca e não ser fumantes e não utilizarem medicamentos que alterem a percepção do sabor.

A análise sensorial será realizada com avaliadores adultos sadios, alunos e funcionários do IF Goiano, maiores de 18 anos, de ambos os sexos, não-treinados, voluntários, de forma que serão selecionados baseando-se no interesse e disponibilidade para participar da sensorial. Caso os avaliadores recusem a participar da análise sensorial, não serão penalizados e sem prejuízo ao seu cuidado. Serão garantidos o sigilo e a privacidade dos seus resultados obtidos na presente pesquisa. A pesquisa oferece riscos mínimos aos provadores, e será realizada respeitando as boas práticas de fabricação.

2. **Desconfortos, riscos e benefícios**

Para os participantes da pesquisa a sopa é composta por arroz, sorgo, condimentos, como salsa, cebola, alho e fécula de batata. Você poderá se recusar a participar da análise sensorial caso apresente alguma restrição do consumo de alimentos relacionados.

Por ser um produto, possivelmente, fonte de fibras, pode contribuir para o bom funcionamento intestinal e auxiliar em tratamentos de doenças como a obesidade e Diabetes Mellitus quando fizer parte de uma dieta equilibrada, porém é aconselhado que seu consumo seja associado ao aumento da ingestão de água, como se trata de um produto sem glúten, pode ser consumido por celíacos.

3. **Forma de acompanhamento e assistência:**

Aos participantes será assegurada a garantia de assistência integral em qualquer etapa do estudo. Você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. Caso você apresente algum problema será encaminhado para tratamento adequado em pronto socorro mais próximo na Cidade de Rio Verde: a) Unidade de Pronto Atendimento (UPA) – Tratamento pelo Sistema Único de Saúde.

4. **Garantia de esclarecimento, liberdade de recusa e garantia de sigilo**

Você poderá recusar-se de participar da análise sensorial caso apresente alguma restrição ao consumo do produto, ou não seja de hábito consumir esse tipo de alimento, e não será penalizado e sem prejuízo ao seu cuidado, e caso não haja conhecimento por parte do provador dessa restrição e apresente alguma reação alérgica.

Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer tempo e aspecto que desejar, através dos meios citados acima. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento, sendo sua participação voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade.

Os pesquisadores irão tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste

estudo. Uma via deste consentimento informado será arquivada sob responsabilidade da Professora Dr.^a Mayra C. Peixoto Martins Lima, no Laboratório de Cereais e Panificação do IFGoiano – Campus Rio Verde por um período de cinco anos e então será destruído e outra via será fornecida a você.

5. Custos da participação, ressarcimento e indenização por eventuais danos

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo nem receberá qualquer vantagem financeira.

Caso você, participante, sofra algum dano decorrente dessa pesquisa, os pesquisadores garantem indenizá-lo por todo e qualquer gasto ou prejuízo.

Este TCLE atende as determinações da **Resolução 466/2012**.

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu _____ estou de acordo em participar da pesquisa intitulada “FARINHA PRÉ-GELATINIZADA DE GRÃOS DE SORGO E QUIRERA DE ARROZ E SUA APLICABILIDADE NA ELABORAÇÃO DE UMA SOPA INSTANTÂNEA”, de forma livre e espontânea, podendo me retirar a qualquer momento.

Rio Verde, _____, de _____ de 2017.

Assinatura do responsável pela pesquisa

Assinatura do participante

**CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA
PESQUISA**

Eu, _____, RG: _____,
CPF: _____, n.º de matrícula _____, abaixo
assinado, concordo em participar do estudo: Sopa instantânea elaborada a partir de farinha
pré gelatinizada de sorgo e de arroz, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e
esclarecido(a) pela pesquisadora Ana Carolina Galvão Gomes sobre a pesquisa, os
procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes
de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer
momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu
acompanhamento/assistência/tratamento, se for o caso).

Local e data:

Nome e Assinatura do sujeito: _____

APÊNDICE B - Ficha de avaliação da análise sensorial aceitação e intenção de compra.

TESTE DE ACEITAÇÃO E INTENÇÃO DE COMPRA

NOME: _____ IDADE: _____

Farinha Pré-gelatinizada de Grãos de Sorgo e Quirera de Arroz e sua aplicabilidade na elaboração de uma sopa instantânea.

Avalie a amostra de **sopa instantânea** e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou.

- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| 9 – Gostei extremamente | |
| 8- Gostei moderadamente | () COR |
| 7- Gostei regularmente | () SABOR |
| 6- Gostei ligeiramente | () AROMA |
| 5- Nem gostei/nem desgostei | () TEXTURA |
| 4- Desgostei ligeiramente | () AVALIAÇÃO GLOBAL |
| 3- Desgostei regularmente | |
| 2- Desgostei moderadamente | |
| 1 – Desgostei extremamente | |

Com base na sua opinião, anote na escala de 1 a 5 sua nota em relação a sua atitude, caso você encontrasse essa amostra à venda:

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

Obs.: _____
